实用注塑成型及模具设计

洪慎章　编著

第2版

☆以注塑模结构分析为重点

☆配有丰富的应用实例及标准模架

☆结构体系合理，技术内容全面，易懂易学





机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

实用注塑成型及模具设计

第 2 版

洪慎章　编著



机 械 工 业 出 版 社

本书系统地介绍了注塑成型及模具设计技术。其主要内容包括：注塑件设计、注塑成型工艺、注塑机设备与模具的关系、注塑模设计、特种注塑模、注塑模用的模具材料、注塑模的装配及试模、注塑件缺陷分析及对策、注塑模标准模架、注塑模 CAD 及其智能系统、注塑模应用实例。本书以注塑模结构分析为重点，结构体系合理，技术内容全面；书中配有丰富的应用实例及标准模架，实用性强，能开拓思路，概念清晰易懂，便于自学。

本书可供从事注塑成型加工的工程技术人员、工人使用，也可作为相关专业在校师生的参考书和模具培训班的教材。

图书在版编目（CIP）数据

实用注塑成型及模具设计/洪慎章编著. —2 版.
—北京：机械工业出版社，2014.7
ISBN 978 -7 -111 -47010 -6

Ⅰ.①实…　Ⅱ.①洪…　Ⅲ.①注塑 - 塑料成型②注塑 - 塑料模具 - 设计　Ⅳ.①TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 123930 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）
策划编辑：陈保华　责任编辑：陈保华　刘本明
版式设计：霍永明　责任校对：张莉娟　任秀丽
责任印制：刘　岚
北京京丰印刷厂印刷
2014 年 8 月第 2 版・第 1 次印刷
169mm×239mm・26.75 印张・512 千字
0 001—3 000 册
标准书号：ISBN 978 -7 -111 -47010 -6
定价：59.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务
社服务中心：（010）88361066
销售一部：（010）68326294
销售二部：（010）88379649
读者购书热线：（010）88379203
策划编辑：（010）88379734

网络服务
教材网：http：//www.cmpedu.com
机工官网：http：//www.cmpbook.com
机工官博：http：//weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

前　　言

目前，世界上塑料的体积产量已经大大超过了钢铁材料，2013 年塑料制品年产量约为 6200 万 t，成为当前社会使用较多的一类材料。只有迅速地发展塑料加工业，才可能把各种性能优良的高分子材料变成功能各异的塑件产品，在国民经济各领域充分地发挥作用。模具是塑料成型加工的一种重要的工艺装备，同时又称为原料及设备的“效益放大器”。从生产实践可知，通过模具加工的最终产品的价值，往往是模具自身价值的几十倍、上百倍。因此，模具工业是国民经济的基础工业，被称为“工业之母”。模具是一种高附加值和技术密集型产品，其生产技术水平的高低，已成为衡量一个国家产品制造业水平高低的重要标志。

塑料注射成型简称注塑，英文名称是 injection molding，日文又作射出成型。注塑成型是现代制造业十分重要的一种成型加工工艺。

注塑成型工艺及模具设计是一门不断发展的综合学科，不仅随着高分子材料合成技术的提高、注塑成型设备的革新、成型工艺的成熟而改进，而且随着计算机技术、快速造型技术、数值模拟技术、数字化应用技术等在注塑成型加工领域的渗透而发展。

我们不难发现，注塑成型作为一种重要的成型加工方法，在机械、化工、交通（飞机、轮船、火车、地铁、汽车、摩托车、助动车等）、邮电通信、仪器仪表、文体医卫、军事国防、家用电器等领域都具有广泛应用，且生产的制件具有精度高、复杂度高、一致性高、生产率高和消耗低的特点，有很大的市场需求和广阔的发展前景。

为了满足读者对系统、实用的注塑成型及模具设计资料的需求，笔者根据多年来教学与生产实践的经验，编写了本书。本书主要内容包括：注塑件设计、注塑成型工艺、注塑机设备与模具的关系、注塑模设计、特种注塑模、注塑模用的模具材料、注塑模的装配及试模、注塑件缺陷分析及对策、注塑模标准模架、注塑模 CAD 及其智能系统、注塑模应用实例。本书可供从事注塑成型加工的工程技术人员、工人使用，也可作为相关专业在校师生的参考书和模具培训班的教材。由于本书资料齐全，对初学注塑模设计的人员尤为实用。

本书的特点如下：

1）在结构体系和编写上，全面、系统，符合现代教育思想的要求。

2）内容新颖，具体实用，采用了最新的相关技术标准资料。

3）在阐述问题方面，以图例为主，简明扼要，文字相对较少，一目了然，

易学易懂，强调自学能力。

4）文中有大量的经验数据表格、标准模架结构等，资料完整，文、图、表紧密配合，可满足生产中实际应用。

本书作为一本基本理论与生产实际相结合的注塑成型及模具设计技术书籍，可供从事注塑成型加工的工程技术人员、工人使用，也可作为相关专业在校师生及研究人员的参考书和模具培训班的教材。

在本书编写过程中，洪永刚、刘薇和丁惠珍等工程师协助进行了绘制图稿、打印文稿等工作，在此表示衷心谢意。

由于编者水平有限，书中不妥和错误之处在所难免，恳请读者不吝赐教，以便得以修正，以臻完善。

洪慎章

于上海交通大学

目　　录

前言
第 1 章　概论 …… 1
1.1　注塑模基本概念 …… 1
1.2　注塑成型原理 …… 1
1.3　注塑模结构组成及分类 …… 3
1.3.1　注塑模结构组成 …… 3
1.3.2　注塑模分类 …… 5
1.4　注塑模的设计步骤 …… 9
1.4.1　设计模具应注意的问题 …… 9
1.4.2　模具的设计步骤 …… 12
1.5　注塑模的现状及发展趋势 …… 17
1.5.1　注塑模的现状 …… 17
1.5.2　注塑模的发展趋势 …… 18
第 2 章　注塑件设计 …… 20
2.1　设计的准备和程序 …… 20
2.1.1　设计前的准备 …… 20
2.1.2　设计的程序 …… 21
2.2　塑件的结构工艺性 …… 23
2.2.1　结构工艺性的意义 …… 23
2.2.2　塑件的几何形状结构 …… 24
2.3　塑件的尺寸精度及表面质量 …… 48
2.3.1　塑件的尺寸精度 …… 49
2.3.2　尺寸精度的组成及影响因素 …… 53
2.3.3　塑件的表面质量 …… 53
第 3 章　注塑成型工艺 …… 55
3.1　注塑成型工艺过程 …… 55
3.2　注塑成型工艺条件 …… 59
3.2.1　温度 …… 59
3.2.2　压力 …… 61
3.2.3　时间 …… 65
3.3　典型注塑件的工艺参数 …… 66
第 4 章　注塑机设备与模具的关系 …… 73

4.1 注塑机设备的分类 …… 73
4.2 部分国产及国外注塑机技术参数 …… 77
4.3 注塑机的基本参数 …… 95
4.4 注塑工艺参数的校核 …… 101
4.5 模具安装尺寸的校核 …… 102
4.6 开模行程的校核 …… 103
第5章 注塑模设计 …… 107
5.1 概述 …… 107
5.2 分型面选择 …… 107
5.3 浇注系统 …… 111
5.3.1 浇注系统及其设计原则 …… 111
5.3.2 浇注系统的设计 …… 113
5.3.3 常用浇口形式与尺寸 …… 119
5.4 成型零部件 …… 128
5.4.1 成型零件结构设计 …… 128
5.4.2 成型零件工作尺寸的计算 …… 132
5.4.3 型腔侧壁及底板厚度的计算 …… 136
5.5 合模导向及定位机构 …… 139
5.5.1 导柱导向机构 …… 139
5.5.2 锥面定位机构 …… 144
5.6 脱模机构 …… 144
5.6.1 简介 …… 144
5.6.2 脱模力计算 …… 146
5.6.3 简单脱模机构 …… 147
5.6.4 双脱模机构 …… 156
5.6.5 顺序脱模机构 …… 156
5.6.6 二级脱模机构 …… 158
5.6.7 浇注系统凝料的自动脱出 …… 164
5.6.8 脱螺纹机构 …… 166
5.7 侧向抽芯机构 …… 172
5.7.1 简介 …… 172
5.7.2 机动式分型抽芯机构 …… 173
5.7.3 液压或气压抽芯机构 …… 194
5.7.4 手动分型抽芯机构 …… 195
5.8 排气机构及引气系统 …… 197
5.8.1 排气机构的作用 …… 198
5.8.2 排气机构设计 …… 198
5.8.3 引气系统 …… 200

5.9　温度调节系统 …… 201

5.9.1　简介 …… 201

5.9.2　模具冷却系统的设计 …… 203

5.9.3　常见的各种冷却系统结构 …… 212

5.9.4　加热装置的设计 …… 213

第6章　特种注塑模 …… 216

6.1　热流道注塑模 …… 216

6.1.1　无流道凝料注塑成型 …… 216

6.1.2　热流道注塑模设计 …… 220

6.2　热固性塑料注塑模 …… 225

6.2.1　注塑工艺特点 …… 225

6.2.2　模具设计要点 …… 228

6.3　气体辅助注塑模 …… 236

6.4　水辅助注塑模 …… 238

6.4.1　水辅助注塑成型工艺过程与方法 …… 238

6.4.2　水辅助注塑成型技术的主要特点 …… 240

6.4.3　水辅助注塑成型的应用范围 …… 242

6.5　模内装饰注塑模 …… 242

6.5.1　模内装饰原理及特点 …… 242

6.5.2　模内装饰的工艺流程及分类 …… 244

6.5.3　模内装饰结构设计 …… 246

6.5.4　IMD 油墨 …… 246

6.6　其他注塑模 …… 247

6.6.1　结构发泡注塑成型 …… 247

6.6.2　共注塑成型（多色注塑成型） …… 249

6.6.3　单色多模注塑成型 …… 254

6.6.4　叠层式注塑成型 …… 255

6.6.5　BMC 注塑成型 …… 258

6.6.6　液态注塑成型 …… 259

6.6.7　反应注塑成型 …… 260

6.6.8　逆流注塑成型 …… 260

第7章　注塑模用的模具材料 …… 262

7.1　模具钢的基本要求 …… 262

7.2　常用钢材 …… 263

7.3　模具钢的选用和热处理 …… 267

7.3.1　钢材的选用原则 …… 267

7.3.2　模具零件热处理 …… 268

7.4　新型塑料模具钢 …… 272

第 8 章　注塑模的装配及试模 …… 276
8.1　注塑模装配 …… 276
8.1.1　装配技术要求及生产流程 …… 276
8.1.2　组件的装配 …… 278
8.1.3　总装 …… 286
8.2　模具安装与调整 …… 287
8.3　试模 …… 289
第 9 章　注塑件缺陷分析及对策 …… 292
9.1　常见的缺陷种类 …… 292
9.2　缺陷的原因分析及对策 …… 294
第 10 章　注塑模标准模架 …… 299
10.1　模架组成零件 …… 299
10.2　模架组合形式 …… 299
10.2.1　直浇口模架组合形式 …… 299
10.2.2　点浇口模架组合形式 …… 301
10.2.3　简化点浇口模架组合形式 …… 304
10.3　模架标记方法 …… 306
10.4　模架导向件与螺钉安装形式 …… 306
10.5　基本型模架组合尺寸 …… 309
第 11 章　注塑模 CAD 及其智能系统 …… 320
11.1　概述 …… 320
11.2　注塑模的软件及硬件配置 …… 325
11.3　注塑模 CAD …… 327
11.3.1　注塑模设计的基本原则 …… 327
11.3.2　注塑模 CAD 方案设计 …… 328
11.4　注塑模人工智能工程系统 …… 334
11.4.1　概述 …… 334
11.4.2　智能系统的框架和原理 …… 334
11.4.3　注塑模智能设计系统的应用实例 …… 335
第 12 章　注塑模应用实例 …… 337
实例 1　活动圈注塑模 …… 337
实例 2　密封圈注塑模 …… 337
实例 3　带轮注塑模 …… 337
实例 4　滚轮注塑模 …… 339
实例 5　导纸轮注塑模 …… 341
实例 6　传动轮注塑模 …… 343
实例 7　导风轮注塑模 …… 344
实例 8　圆柱齿轮注塑模 …… 345

实例 9　锥齿轮注塑模 …… 346
实例 10　螺旋齿轮注塑模 …… 347
实例 11　棘轮轮片注塑模 …… 348
实例 12　线圈骨架注塑模 …… 348
实例 13　绕线轴注塑模 …… 350
实例 14　蝶形螺母注塑模 …… 352
实例 15　开关注塑模 …… 354
实例 16　板凳注塑模 …… 355
实例 17　肥皂盒注塑模 …… 356
实例 18　矩形盒注塑模 …… 356
实例 19　仪表座注塑模 …… 358
实例 20　游标卡尺盒注塑模 …… 359
实例 21　蜡烛座注塑模 …… 361
实例 22　手提包注塑模 …… 362
实例 23　仪表盖注塑模 …… 363
实例 24　线轮注塑模 …… 363
实例 25　叶轮注塑模 …… 365
实例 26　电风扇叶片注塑模 …… 365
实例 27　拔杆注塑模 …… 367
实例 28　喷雾药杯身注塑模 …… 368
实例 29　注射器筒体注塑模 …… 369
实例 30　注射器塞杆注塑模 …… 371
实例 31　带螺纹圆盒注塑模 …… 372
实例 32　气压瓶盖注塑模 …… 373
实例 33　螺纹瓶盖注塑模 …… 373
实例 34　水瓢注塑模 …… 375
实例 35　空心球柄注塑模 …… 376
实例 36　大口桶盖注塑模 …… 377
实例 37　洗衣机把手注塑模 …… 378
实例 38　斜三通注塑模 …… 380
实例 39　直角弯头注塑模 …… 380
实例 40　水龙头注塑模 …… 381
实例 41　堵头注塑模 …… 382
实例 42　荧光管灯座注塑模 …… 384
实例 43　调味壶身注塑模 …… 385
实例 44　多格盒注塑模 …… 386
实例 45　啤酒瓶周转箱注塑模 …… 386
实例 46　钢球周转箱注塑模 …… 389

实例47 汽车坐垫注塑模 …… 390
实例48 摩托车尾灯罩注塑模 …… 391
实例49 电话机外壳注塑模 …… 392
实例50 电视机前罩注塑模 …… 393
附录 …… 395
附录A 常用塑料及树脂缩写代号 …… 395
附录B 热塑性塑料的性能与应用 …… 399
附录C 热固性塑料的性能与应用 …… 404
附录D 常用塑料的近似密度 …… 405
附录E 塑料燃烧特性 …… 406
附录F 常用热塑性塑料的软化与熔融范围 …… 408
附录G 注塑材料的共注相容性 …… 409
附录H 常用塑料材料的成型推荐值及其应考虑的问题 …… 410
附录I 注塑模零件技术条件（GB/T 4170—2006） …… 412
附录J 注塑模技术条件（GB/T 12554—2006） …… 412
参考文献 …… 416

第 1 章　概　　论

1.1　注塑模基本概念

塑料在人们的身旁随处可见，如今我们可谓是生活在“塑料世界”里。由于塑料具有密度小、化学稳定性好、电绝缘性能好、比强度大等优异性能，再加上原料丰富、制作方便及成本低廉等优点，所以在国民经济各领域应用甚广。无论是工农业生产、交通运输、邮电通信、军事国防、仪器仪表、文体医卫及建筑五金，还是能源开发、海洋利用等，各行各业都有性能各异的塑料产品。

塑料是从石油生产出来的合成树脂加入增塑剂、稳定剂、填充剂及着色剂等物质而组成的，原料为小颗粒或粉状。将这些小颗粒塑料加热熔化成黏流状，注射到一个具有所需产品形状的型腔中，待塑料冷却后取出来，就得到了与型腔形状一样的塑件，这个具有型腔的东西称为模具，因为它专门用于制作塑料件，所以通常称为注塑模具，简称注塑模。

1.2　注塑成型原理

注塑成型也称注射成型，它是目前塑料加工中最普遍采用的方法之一，可用来生产空间几何形状非常复杂的塑料制件。由于它具有应用面广、成型周期短、花色品种多、制件尺寸稳定、产品易更新换代、生产效率高、模具服役条件好、塑件尺寸精度高、生产操作容易实现机械化和自动化等诸多优点，因此，在整个塑料制件生产行业中，注塑成型占有非常重要的地位。目前，除了少数几种塑料品种外，几乎所有的塑料（即全部热塑性塑料和部分热固性塑料）都可采用注塑成型。据统计，注塑制件约占所有塑料制件总产量的 30%，全世界每年生产的注塑模数量约占所有塑料成型模具数量的 50%。

注塑成型原理如图 1-1 所示。将塑料颗粒定量加入到注塑机的机筒内，通过机筒的传热，以及螺杆转动时产生的剪切摩擦作用使塑料逐步熔化呈黏流状态，然后在柱塞或螺杆的高压推挤下，以很大的流速通过机筒前端的喷嘴注入到温度较低的闭合模具的型腔中。由于模具的冷却作用，型腔内的熔融塑料逐渐凝固并定型，最后开启模具便可从型腔中推出具有一定形状和尺寸的注塑件。上述过程大致可归纳为：

加料—塑料熔融—注塑—冷却定型—塑件脱模。

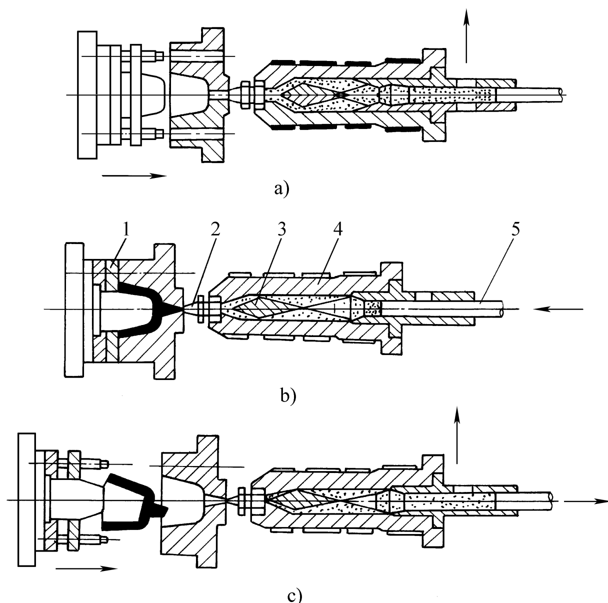


图 1-1 注塑成型原理图

a）塑料在机筒内被加热并塑化至流动状态 b）高压和高速将熔融塑料注入到温度较低的模具型腔中 c）冷却、凝固定型后塑件脱模

1—模具 2—喷嘴 3—分流梭 4—机筒 5—注射柱塞

由上文可知，所谓热塑性塑料的注塑，是指将塑料加热熔融后，使其流入模具中经冷却固定而得到具有所要求形状成型品的操作过程。其原理和糖果的成型或金属的砂型铸造没什么不同，但热塑性塑料在成型中，仅仅是把其熔融并使之自然地流入到模具中固化，是不可能制成完好的制件的。这是因为塑料的熔融黏度极高，靠其自然流入到模具中赋予形状是不可能的。

为了使熔融的塑料充分地流入模具中型腔的各个角落而获得具有复杂的形状，且其表面上没有缩痕、内部没有空隙的制件，必须在成型时对熔融塑料加上很高的压力才行。生产实践证明，获得完整无缺及表面光洁的注塑件的必要条件，就是要求有一定的压力及一定的速度。

由注塑成型的过程分析可知，塑料要经过三个阶段的转换：一是塑料未进入机筒前的颗粒状态；二是塑料在机筒中经塑化流动而达到的黏流状态；三是塑料通过注塑模浇注系统的充模流动及冷却凝固而定型。在第一个阶段中，塑料在进入机筒前的流动，属于颗粒料流，主要是塑料受到机械力等的作用而产生的塑料颗粒运动。在第二个阶段中，塑料在机筒热和剪切热等的作用下，发生塑化熔融而在机筒中作糊状流动，这种流动在机筒内每一部位的流动状态基本保持恒定，

属于稳定流动。在第三个阶段中，黏流状态的塑料在一定的压力及速度下，通过注塑模浇注系统进行充填型腔流动，其流动状态不能保持恒定，属于非稳定流动，因此，第三阶段的流动是注塑件成型的关键阶段。必须指出，影响每个阶段的变化因素有：

1）塑料有自身的物性参数和本构关系（固有特性、内因）。

2）一定量的塑料聚集在一起形成一个宏观结构。

3）塑料宏观结构周围的非塑料本身的结构（如注塑模、注塑机等）构成塑料的几何边界。

4）塑料要受到来自外界或其内部的各种力，包括机械力（如压力、剪切力、摩擦力等）、物理力（如热、结晶、相变等物理变化力）、化学力（如热分解等化学变化力）。

1.3　注塑模结构组成及分类

注塑模是实现注塑成型生产的工艺装备。注塑模、塑料原材料和注塑机通过成型工艺联系在一起，形成注塑成型生产单元。注塑模具主要用来成型热塑性塑料制件，但近年来越来越广泛地用于成型热固性塑料制件。

1.3.1　注塑模结构组成

注塑模的结构是由选用的注塑机种类、规格和塑件本身的形状结构特点所决定的。注塑机的种类和规格很多，而塑件的形状结构根据使用要求不同更是千变万化，从而导致注塑模的结构形式也十分繁多。那么，其中有没有规律可循呢？经过归纳分析后发现，不管模具结构如何变化，每副模具都是由以下几个部分组成，而且它们在不同模具中所起的作用是相同的。

1. 从模具的使用和注塑机上的安装来看

每一副注塑模都可分成两大部分，即定模部分和动模部分。成型时动模与定模闭合构成型腔和浇注系统，开模时动模与定模分离取出塑件。

（1）定模部分　安装在注塑机的固定模板上，闭模后注塑机机筒里的熔融塑料在高压作用下通过喷嘴和浇注系统进入模具型腔。

（2）动模部分　安装在注塑机的移动模板上，随着动模机一起运动完成模具的开闭。塑件定型后一般要求其留在动模上，开模时借助设在动模上的推出装置，可以实现塑件的脱模或自动坠落。

2. 从模具上各个部件所起的作用来看

图 1-2 所示为注塑模典型结构。根据模具上各个部件的不同作用，可细分为以下几个部分：

（1）成型零部件　主要用来决定塑件的几何形状和尺寸，它通常由凸模

（成型塑件内部形状）、凹模（成型塑件外部形状）、型芯或成型杆、镶块，以及螺纹型芯或型环等组成。模具的型腔由动模和定模有关部分联合构成。图 1-2 所示的模具型腔是由凸模 4 及凹模 5 组成的。

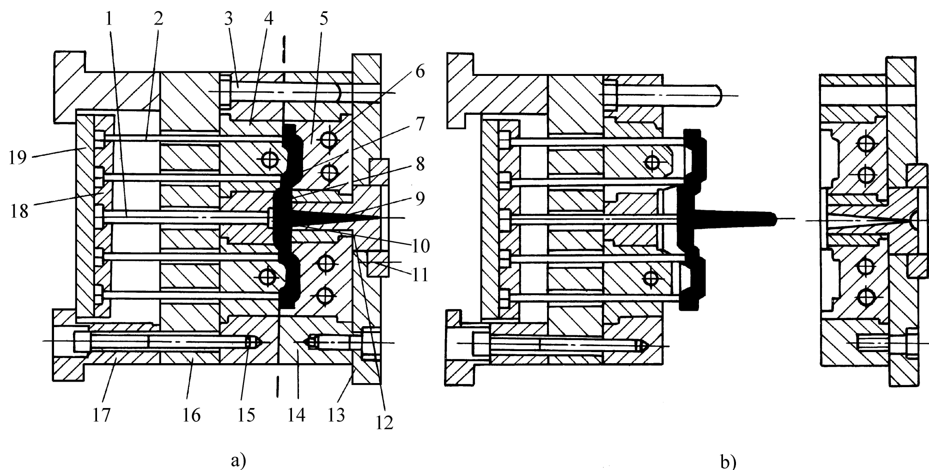


图 1-2　卧式多型单分型面注塑模

a）合模成型　b）分模推出

1—拉料杆　2—推杆　3—导柱　4—凸模　5—凹模　6—冷却水通道　7—浇口　8—分流道　9—主流道　10—冷料穴　11—定位圈　12—浇口套　13—定模座板　14—定模板（凹模固定板）　15—动模板（凸模固定板）　16—支承板（动模垫板）　17—动模座板　18—推杆固定板　19—推板

（2）浇注系统　将塑料熔体由注塑机喷嘴引向型腔的一组流动通道称为浇注系统，它由主流道 9、分流道 8、浇口 7 和冷料穴 10 组成。浇注系统设计得好坏会直接关系到塑料制件的质量和注塑成型的效率。

（3）导向部件　为了确保动模与定模在合模时能准确对中，在模具中必须设置导向部件。通常导向部件由导柱 3 和导向孔组成，有时还在动模和定模上分别设置互相吻合的内、外锥面。有的注塑模具的推出装置为避免在推出过程中推板歪斜，还设有导向零件，使推板保持水平运动。

（4）脱模机构　脱模机构是指在开模过程的后期，将塑件从模具中脱出的机构。图 1-2 中脱模机构由拉料杆 1、推杆 2、推杆固定板 18 及推板 19 组成。有些注塑模结构中还有复位杆、推管、推杆及推板等。

（5）侧向分型抽芯机构　对于有些带外侧凹或侧孔的塑件，在被推出模具之前，模具必须先进行侧向分型，拔出侧向凸模或抽出侧向凸模或侧向型芯，然后才能顺利脱模，此时需要设置侧向分型抽芯机构。

（6）温度调节系统　为了满足塑料成型工艺对模具温度的要求，需要有温

度调节系统对模具的温度进行调节。模具冷却，一般在模板内开设冷却水通道，见图 1-2 中 6。加热则在模具内或周围安装电加热元件。有的注塑模须配备模温自动调节装置。

（7）排气系统　注塑模中设置排气结构是为了在塑料熔体充模过程中排除型腔中的空气和塑料本身挥发出的各种气体，以避免它们造成各种成型的缺陷。对于小型塑料制件，因其排气量不大，可直接利用分型面排气，也可利用模具的推杆或型芯与模具的配合孔之间的间隙排气。大型注塑件须设置专用排气槽。

（8）其他零部件　这类零部件在注塑模中用来安装固定或支承成型零部件等上述七种功能结构，并组装在一起，可以构成模具的基本骨架。

1.3.2　注塑模分类

注塑模的分类方法很多，按照不同的划分依据，其分类情况如下：

（1）按塑料材料类别分类　分为热塑性塑料注塑模、热固性塑料注塑模。

（2）按模具型腔数目分类　分为单型腔注塑模、多型腔注塑模。

（3）按模具安装方式分类　分为移动式注塑模、固定式注塑模。

（4）按注塑机类型分类　分为卧式注塑模（见图 1-2）、立式注塑模（见图 1-3）和直角式注塑模（见图 1-4）。

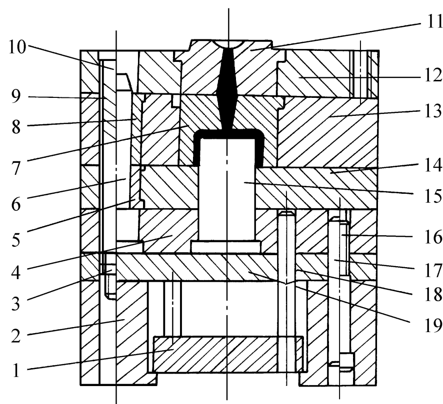


图 1-3　立式注塑模

1—推板　2—动模座板　3—螺母　4—动模固定板　5—下导套　6—导柱　7—凹模　8—上导套　9—弹簧　10—连接杆　11—浇口套　12—定模座板　13—定模固定板　14—脱模板　15—凸模　16—内六角螺钉　17—圆柱销　18—推杆　19—垫板

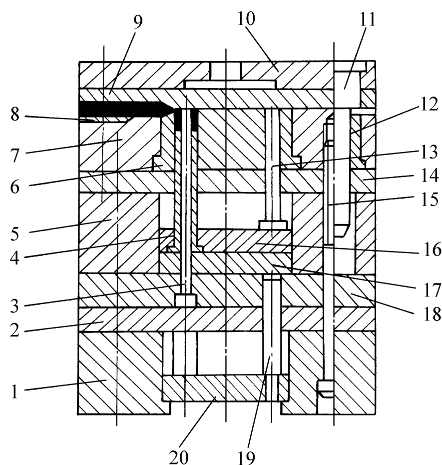


图 1-4　直角式注塑模

1—动模座板　2、9、14、17—垫板　3—型芯　4—推管　5—支承块　6—动模拼块　7—动模固定板　8—拼块　10—定模座板　11—导柱　12—导套　13—复位杆　15—内六角螺钉　16—推管固定板　18—型芯固定板　19—推杆　20—推板

（5）按塑件尺寸精度分类　分为一般注塑模、精密注塑模。

（6）按模具浇注系统分类　分为冷流道模、绝热流道模、热流道模、温流道模。

（7）按注塑模的总体结构特征分类　可分为以下几种：

1）单分型面注塑模。单分型面注塑模也叫双板式注塑模，它是注塑模具中最简单的一种，构成型腔的一部分在动模上，另一部分在定模上。卧式或立式注塑机用的单分型面注塑模具，主流道设在定模一侧，分流道设在分型面上，开模后制件连同流道凝料一起留在动模一侧。动模上设有推出装置，用以推出制件和流道凝料（料把）。图 1-2 即为一典型的单分型面注塑模具。

2）双分型面注塑模。双分型面注塑模特指浇注系统凝料和制件由不同的分型面取出的注塑模，也叫三板式注塑模。与单分型面模具相比，它增加了一个可移动的中间板（又名浇口板）。开模时，中间板与固定模板作定距离分离，以便取出这两块板间的浇注系统凝料，如图 1-5 所示。

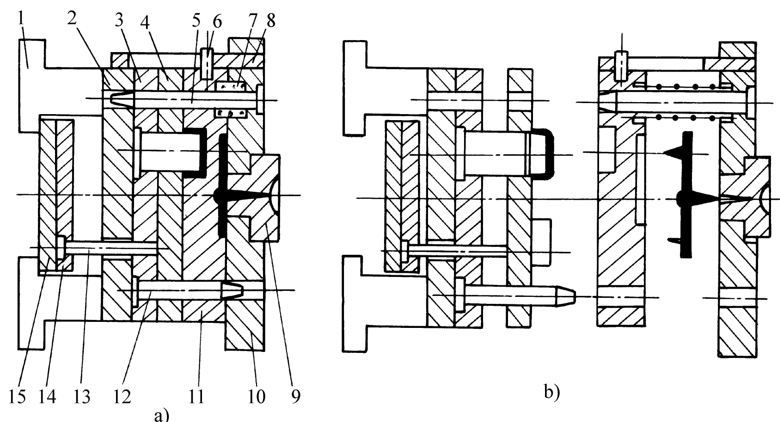


图 1-5　双分型面注塑模

a）闭合充模　b）开模取出塑件和凝料

1—动模座板　2—动模垫板　3—型芯固定板　4—脱模板　5、12—导柱　6—限位钉　7—螺旋弹簧　8—定距拉板　9—浇口套　10—定模座板　11—型腔板　13—推杆　14—推杆固定板　15—推板

3）带活动成型零部件的注塑模。由于塑料制件的特殊要求，在模具中设置可以活动的成型零件，如活动凸模、活动凹模、活动成型杆、活动成型镶块等，以便开模时方便取出制件。图 1-6 所示为带有活动凸模的注塑模，图 1-7 所示为带有活动凹模的注塑模，图 1-8 所示为带有活动成型杆的注塑模。

4）带侧向分型抽芯的注塑模。当制件有侧孔或侧凹时，在自动操作的模具里设有斜导柱或斜滑块等侧向分型抽芯机构。在开模的时候，利用开模力带动侧

型芯作横向移动，使其与制件脱离。也有在模具上装设液压缸或气压缸带动侧型芯作横向分型抽芯的。图 1-9 所示为一斜导柱带动抽芯的注塑模具。

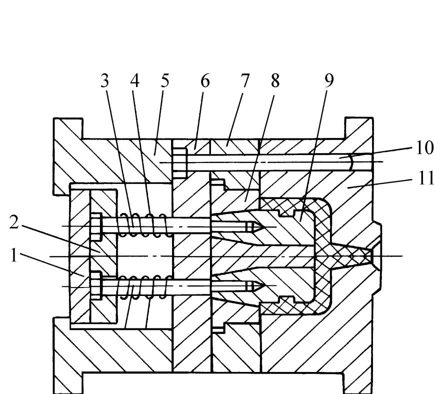


图 1-6　带有活动凸模的注塑模

1—推板　2—推杆固定板　3—推杆
4—弹簧　5—动模座板　6—动模垫板
7—动模板　8—型芯　9—活动镶件
10—导柱　11—定模座板

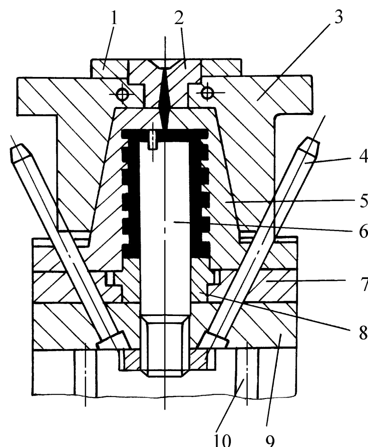


图 1-7　带有活动凹模的注塑模

1—定位圈　2—浇口套　3—定模座板
4—斜导柱　5—瓣合式活动凹模
6—凸模　7—托板　8—镶套
9—斜导柱固定板　10—推杆

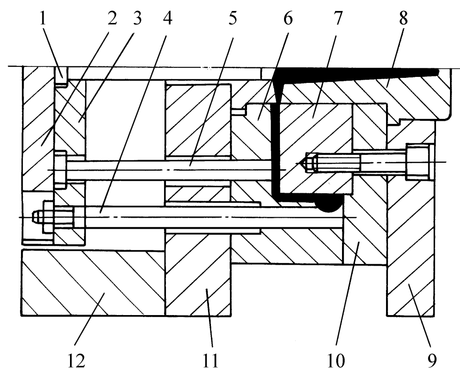


图 1-8　带有活动成型杆的注塑模

1—拉料杆　2—推板　3—推杆固定板
4—活动成型杆　5—推杆　6—凹模
7—凸模　8—浇口套　9—定模
座板　10—定模板　11—动
模垫板　12—支承块

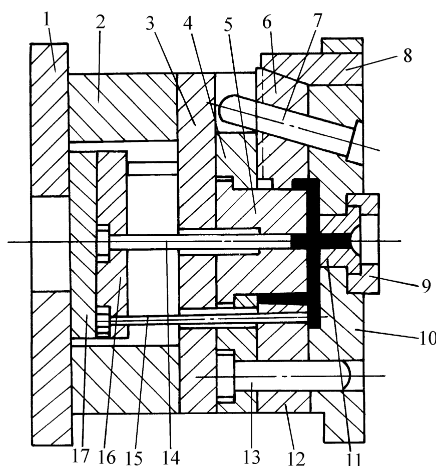


图 1-9　带侧向分型抽芯的注塑模

1—动模座板　2—支承块　3—动模垫板
4—型芯固定板　5—型芯　6—侧型芯
滑块　7—斜导柱　8—锁紧块　9—定
位圈　10—定模座板　11—浇口套
12—动模板　13—导柱　14—拉料杆
15—推杆　16—推杆固定板　17—推板

5）自动卸螺纹注塑模。对带有内螺纹或外螺纹的制件要求自动脱模时，在模具上设有可转动的螺纹型芯或型环。利用机床的旋转运动或往复运动，或者装置专门的原动机件（如电动机、液动马达等）和传动装置，带动螺纹型芯或型环转动，使制件脱出，图 1-10 即为一例。该模具用于直角式注塑机，主螺纹型芯由注射机开合模的丝杆带动旋转，使其与制件相脱离。

6）定模设推出装置的注塑模。一般注塑模具开模后，制件均留在动模一侧，故推出装置也设在动模一侧。但有时由于制件的特殊要求或形状的限制，将制件留在定模上（或有可能留在定模上），则在定模一侧设置推出装置。开模时，由拉板或链条带动推出装置推出制件。如图 1-11 所示的塑料衣刷注塑模，由于制件形状特殊，开模后留在定模上。定模侧设有脱模板 7，开模时由设在动模侧的拉板 8 带动，将制件从定模型芯 11 上强制脱下。

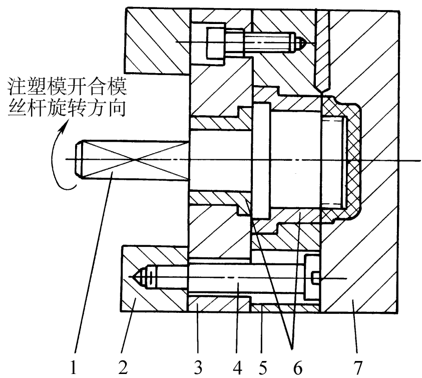


图 1-10 自动卸螺纹注塑模

1—螺纹型芯 2—动模座板 3—动模垫板 4—定距螺钉 5—动模板 6—衬套 7—定模座板

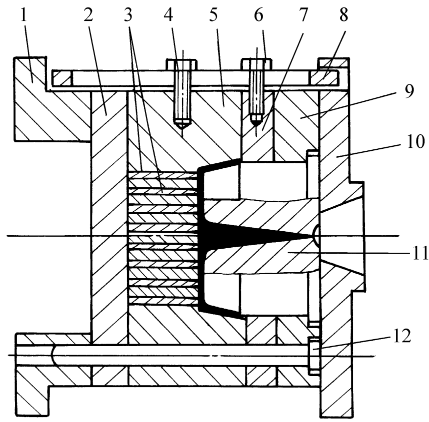


图 1-11 定模设推出装置的注塑模

1—动模座板 2—动模垫板 3—成型镶片 4—螺钉 5—动模 6—销钉 7—脱模板 8—拉板 9—定模板 10—定模座板 11—凸模（型芯） 12—导柱

7）无流道注塑模。无流道注塑模包括热流道注塑模和绝热流道注塑模，它们采用对流道进行加热或绝热（流道中冷凝的塑料外层对流道中心的熔融塑料起绝热作用）的办法，来保持从注射喷嘴到型腔浇口之间的塑料呈熔融状态。在每次注射以后，只需取出制件而没有浇注系统回头料，这就大大提高了劳动生产率，同时也保证了压力在流道中的传递。这样的模具容易达到全自动操作。图 1-12 所示即热流道两腔注塑模。

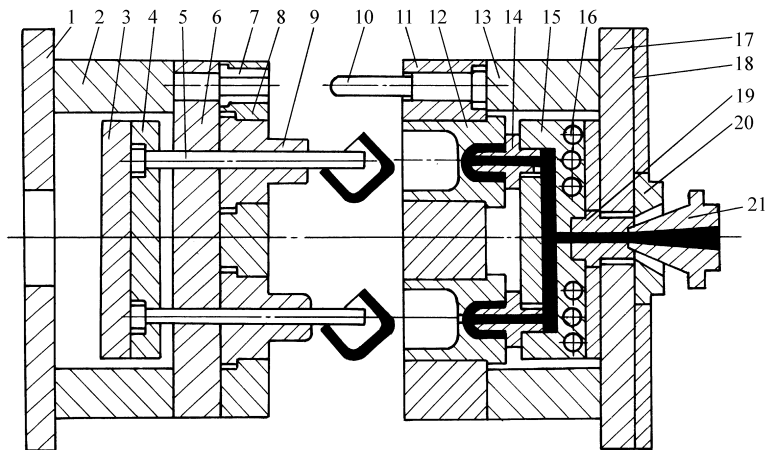


图 1-12　热流道注塑模

1—动模座板　2—支承块　3—推板　4—推杆固定板　5—推杆　6—动模垫板　7—导套
8—动模板　9—凸模　10—导柱　11—定模板　12—凹模　13—定模垫块　14—喷嘴
15—热流道板　16—加热器孔道　17—定模座板　18—绝热层　19—浇口衬套
20—定位圈　21—注塑机喷嘴

1.4　注塑模的设计步骤

1.4.1　设计模具应注意的问题

1. 合理选择模具结构

根据塑料制件图样及技术要求，研究和选择适当的成型方法及成型设备，结合工厂的机械加工情况，提出模具结构方案，并充分进行讨论，以便设计出的模具结构合理，能够成型出达到质量要求的塑件，并且模具操作方便安全，取件顺利可靠。必要时，可以根据模具设计和加工的需要，提出修改塑件图样的要求。

2. 正确地确定模具成型零件尺寸

模具成型零件的尺寸和表面粗糙度，对塑件的质量影响极大，必须特别注意。计算成型零件尺寸时，一般采用平均收缩率。对于高精度的制件，最好在成型材料及工艺条件、成型设备、进料口位置固定的情况下，按塑料制件几何形状在不同方向上测定的收缩率进行计算。

3. 设计的模具应当制造方便

设计模具时，尽量使设计的模具制造容易，价格便宜。特别是对那些比较复杂的模具成型零件，必须考虑是采用一般的机械加工方法加工，还是采用特殊的加工方法加工；若采用特殊的加工方法，那么加工之后怎样进行组装。这些问题

在设计模具中一定要加以讨论和解决，同时还要考虑到试模后的修模，留有足够的修模余地。

4. 尽量减少后加工

设计制件时应充分考虑，尽可能注塑生产出具有要求尺寸精度的制件，减少不必要的后加工。在允许的范围内，尽可能地由模具成型制件上的孔、槽、上凸、下凹部分等，避免在制件成型之后，再用其他加工方法去加工这些部分。

5. 设计的模具应当效率高且使用安全可靠

设计的模具应能保证在短时间内填充固化。推出装置要安全可靠，不致引起制件变形、破裂，而且切除流道容易，成型效率高。

6. 模具零件应当耐磨耐用

模具零件磨耗损失小，能长时间运转，故障少。特别是像推杆一类的销柱件容易卡住、弯曲、折断，占模具故障的大部分。因此，在设计模具时应当写明这些零件的材料、加工方法及热处理等要求。

7. 利用塑料的成型特性进行模具设计

除考虑塑料是否能满足制件力学性能、电气性能、耐热性、耐药品性、耐气候性等要求外，还应对塑料的成型特性充分了解，并在模具设计中加以利用，这也是为了得到优质制件的必要措施之一。

塑料种类和设计模具时应注意的事项见表 1-1。

表 1-1 塑料种类和设计模具时应注意的事项

塑料名称	成 型 特 性	设计模具时应注意事项
聚乙烯（结晶性）	1）收缩大，容易发生歪、翘、斜等变形 2）需要冷却时间长，成型效率不太高 3）即使制件上有浅的侧凹，也能使其强行脱模 4）模具温度对成型收缩率影响很大，缺乏稳定性 5）若有滞留树脂，则发生烧伤	1）应设计能使树脂填充速度加快的浇注系统 2）应采用使冷却速度均匀的冷却方式 3）最好采用螺杆类型的注射机 4）成型收缩率：料流方向为 2.75%，垂直方向为 2.0% 5）应作防止歪、翘、斜等变形的设计
聚丙烯（结晶性）	1）成型性相当好 2）易发生翘曲变形 3）有铰链特性 4）尺寸稳定性好，在成型后 24h 内尺寸不变化	1）要注意有“铰链”制件的内浇口设计 2）成型收缩率：1.3% ~1.7% 3）设计时要注意防止缩孔、变形

（续）

塑料名称	成 型 特 性	设计模具时应注意事项
聚酰胺（尼龙）	1）熔融黏度低，流动性良好，易产生溢边 2）收缩率稳定性差 3）在熔融温度以下是硬的，因此有损伤模具和螺杆的危险 4）在主流道和型腔上易出现粘模现象	1）为了防止溢边，模具尺寸精度要高 2）工业零件的模具温度较高，要注意结晶化问题 3）应采取措施防止缩孔，保证尺寸稳定，注意顶出机构 4）成型收缩率：1.5%～2.5%
聚甲醛（结晶性）	1）流动性差，易分解 2）在进料口处易出现流痕 3）易发生缩孔变形 4）不等树脂固化完结就可以取出制件	1）应使流道阻力减小，应设计在内浇口处不产生流痕的分流道，设计内浇口要注意防止产生气孔 2）最好用螺杆类型的注射机，需准备成型后的矫正工具 3）要注意成型条件，特别是树脂和模具温度的控制 4）成型收缩率：2.5%以下
氟脂树（氟化氯乙烯）（结晶性）	1）熔融黏度高，宜用高压成型 2）容易变色	1）应设计适于高黏度流动的分流道、内浇口 2）需要高压注射机 3）选择防止变色的成型条件 4）必须选择防止表面氧化的模具材料、表面处理方法 5）成型收缩率：0.5%
AS（非结晶性）	1）流动性、成型性、成型效率均好 2）容易产生裂纹 3）不易出现溢料	1）选择适当的脱模机构，防止产生裂纹 2）在成型部位要防止产生裂纹，脱模斜度在1°以上，应绝对避免侧凹 3）成型收缩率：0.45%
ABS（非结晶性）	1）流动性不好 2）制件性能稳定 3）内浇口处表面外观不好，熔接痕显著 4）升温时的制件精度高，因此就采用高注射压力，高温模具	1）设计分流道、内浇口时，要考虑其流动性不好这一特性。为了做得稍大一些，采用调整片浇口是适宜的 2）因为熔接痕显著，所以要考虑进料口位置 3）因为是高压成型，所以脱模斜度要在2°以上 4）成型收缩率：需要选在0.5%以上
聚甲基丙烯酸	1）流动性差，往往填充不足，容易发生流痕。由于注射压力不足要产生缩孔，因此需要高压成型 2）对于光学用途的制件，要特别注意不要混入影响透明性的异物和防止树脂分解等	1）用高压注射机成型 2）脱模斜度尽可能地增大 3）要设计成使料流易于流动的流道 4）要控制塑料温度、模具温度 5）成型收缩率：0.35%

（续）

塑料名称	成 型 特 性	设计模具时应注意事项
聚氯乙烯（硬质非结晶）	1）热稳定性差 2）成型温度范围和分解温度范围接近 3）流动性差 4）腐蚀模具 5）外观易变坏 6）熔化料缸中的滞留塑料发生热分解	1）控制塑料温度，最好以螺杆式注射机成型 2）设计流动阻力小的分流道、内浇口 3）为了耐腐蚀，模具要表面处理（镀铬） 4）成型收缩率：0.7%
聚碳酸酯（非结晶）	1）熔融黏度高，需要高温高压成型 2）易出现因残余应力而形成的裂纹 3）由于硬，易损伤模具 4）不易出现溢料 5）具有一定的机械强度，尺寸稳定、耐热、耐气候、透明、有自灭性、耐燃烧、无毒等优越的性能	1）希望高温、高压成型，使用螺杆式注射机 2）应充分地使塑料干燥 3）设计流动阻力小的分流道、内浇口 4）希望设计壁厚均匀的制件，避免金属嵌件，脱模斜度在2°以上 5）成型收缩率：0.6%
醋酸纤维素 醋酸丁酸纤维素	1）流动性好，成型性优良 2）外观触感好；但是尺寸不易保证	1）材料要进行预干燥 2）成型收缩率：醋酸纤维素，0.5%；酸醋丁酸纤维素，0.4%

总之，设计模具时，要努力使自己设计的模具好制作、好用、好修、经济。

1.4.2 模具的设计步骤

1. 接受任务书

成型塑料制件的任务书通常由制件设计者提出，其内容如下：

1）经过审签的正规制件图样，并注明采用塑料的牌号、透明度等。

2）塑料制件说明书或技术要求。

3）生产数量。

4）塑料制件样品。

通常模具设计任务书由塑料制件工艺员根据成型塑料制件的任务书提出，模具设计人员以成型塑料制件任务书、模具设计任务书为依据来设计模具。

2. 收集、分析、消化原始资料

收集整理有关制件设计、成型工艺、成型设备、机械加工及特殊加工等方面的资料，以备设计模具时使用。

1）消化塑料制件图，了解制件的用途，分析塑料制件的工艺性、尺寸精度等技术要求。例如，塑料制件在表面形状、颜色透明度、使用性能方面的要求是什么，塑件的几何结构、斜度、嵌件等情况是否合理，熔接痕、缩孔等成型缺陷的允许程度，有无涂装、电镀、粘接、钻孔等后加工。选择塑料制件尺寸精度最高的尺寸进行分析，看看估计成型误差是否低于塑料制件的公差，能否成型出合乎要求的塑料制件来。此外，还要了解塑料的塑化及成型工艺参数。

2）消化工艺资料，分析工艺任务书所提出的成型方法、设备型号、材料规格、模具结构类型等要求是否恰当，能否落实。

成型材料应当满足塑料制件的强度要求，具有好的流动性、均匀性和各向同性、热稳定性。根据塑料制件的用途，成型材料应满足染色及镀金属的条件、装饰性能、必要的弹性和塑性、透明性或者相反的反射性能、粘接性或者焊接性等要求。

3）熟悉生产企业实际情况。这方面的内容很多，主要是成型设备的技术规范、模具制造车间的情况、标准资料、设计参考资料等。了解这些情况的目的是避免脱离生产实际情况来进行模具设计。

3. 确定成型方法

根据塑料制件所采用的材料品种来选择成型方法，确定是否可用注塑法代替其他成型方法。

4. 选择成型设备

根据成型设备的种类来进行模具设计，因此必须熟知各种成型设备的性能、规格、特点。对于注射机来说，在规格方面应当了解以下内容：注射容量、锁模力、注射压力、模具安装尺寸、推出装置及尺寸、喷嘴孔直径和喷嘴球面半径、浇口套定位圈尺寸、模具最大厚度和最小厚度、模板行程等。

要初步估计模具外形尺寸，判断模具能否在所选的注射机上安装和使用。

5. 确定模具结构方案

（1）确定模具类型　确定选用卧式、立式及角式注塑模，以及单型腔或多型腔等。

（2）确定模具类型的主要结构　选择理想的模具结构在于确定必需的成型设备、理想的型腔数。在绝对可靠的条件下，能使模具本身的工作满足该塑料制件的工艺技术和生产经济性的要求。对塑料制件的工艺技术要求是要保证塑料制件的几何形状、表面粗糙度和尺寸精度。生产经济性要求是要使塑料制件的成本低，生产效率高，模具能连续地工作，使用寿命长，节省劳动力。

1）型腔布置。根据塑件的几何结构特点、尺寸精度要求、批量大小、模具制造难易、模具成本等确定型腔数量及其排列方式。

对于注射模来说，塑料制件精度为 3 级和 3a 级，质量为 5g，采用硬化浇注

系统，型腔数取4~6个；塑料制件为一般精度（4~5级），成型材料为局部结晶材料，型腔数可取16~20个；塑料制件质量为12~16g，型腔数取8~12个；而质量为50~100g的塑料制件，型腔数取4~8个。对于无定型的塑料制件建议型腔数为24~48个、16~32个和6~10个。当再继续增加塑料制件质量时，就很少采用多腔模具。7~9级精度的塑料制件，最大型腔数较4~5级精度的塑料制件增加50%。

2）确定分型面。分型面的位置要有利于模具加工、排气、脱模、成型、塑料制件的表面质量等。

3）确定浇注系统（主流道、分流道及内浇口的形状、位置、大小）和排气系统（排气方法、排气槽位置及大小）。

4）选择推出方式（推杆、推管、推板、组合式推出），决定侧凹处理方法、抽芯方式。

5）决定冷却及加热方式、加热冷却沟槽的形状及位置，以及加热元件的安装部位。

6）根据模具材料、强度计算或者经验数据，确定模具零件厚度及外形尺寸、外形结构，以及所有连接、定位、导向件位置。

7）确定主要成型零件、结构件的结构形式。

8）考虑模具各部分的强度，计算成型零件工作尺寸。

以上这些问题如果解决了，模具的结构形式就自然而然地解决了。这时，就应该着手绘制模具结构草图，为正式绘图作好准备。

6. 绘制模具图

要求按照国家制图标准绘制，但是也要结合企业标准和国标未规定的生产企业习惯画法。

在画模具总装图之前，应绘制工序图，并要符合制件图和工艺资料的要求。由下道工序保证的尺寸，应在图上标写注明“工艺尺寸”字样。如果成型后除了修理飞边之外，不再进行其他机械加工，那么工序图就与制件图完全相同。

在工序图下面最好标出制件编号、名称、材料、材料收缩率、制图比例等。通常就把工序图画在模具总装图上。

（1）绘制总装结构图　绘制总装图尽量采用1∶1的比例，先由型腔开始绘制，主视图与其他视图同时画出。

模具总装图应包括以下内容：

1）模具成型部分结构。

2）浇注系统、排气系统的结构形式。

3）分型面及分模取件方式。

4）外形结构及所有连接件、定位件、导向件的位置。

5）标注型腔高度尺寸（不强求，根据需要）及模具总体尺寸。

6）辅助工具（取件卸模工具、校正工具等）。

7）按顺序将全部零件序号编出，并且填写明细表。

8）标注技术要求和使用说明。

模具总装图的技术要求内容：

1）对于模具某些系统的性能要求。例如，对推出系统、滑块抽芯结构的装配要求。

2）对模具装配工艺的要求。例如，模具装配后分型面的贴合间隙不大于0.05mm，模具上、下面的平行度要求，并指出由装配决定的尺寸和对该尺寸的要求。

3）模具使用、装拆方法。

4）防氧化处理、模具编号、刻字、标记、油封、保管等要求。

5）有关试模及检验方面的要求。

（2）绘制全部零件图　由模具总装图拆画零件图的顺序应为：先内后外，先复杂后简单，先成型零件后结构零件。

1）图形要求：一定要按比例画，允许放大或缩小。视图选择合理，投影正确，布置得当。为了使加工者易看懂、便于装配，图形尽可能与总装图一致，图形要清晰。

2）标注尺寸要求统一、集中、有序、完整。标注尺寸的顺序为：先标主要零件尺寸和脱模斜度，再标注配合尺寸，然后标注全部尺寸。在非主要零件图上先标注配合尺寸，后标注全部尺寸。

3）表面粗糙度。把应用最多的一种表面粗糙度标于图样右上角，其他表面粗糙度符号在零件各表面分别标出。

4）其他内容，例如，零件名称、模具图号、材料牌号、热处理和硬度要求、表面处理、图形比例、自由尺寸的加工精度、技术说明等都要正确填写。

7. 校对

校对的内容如下：

（1）模具及其零件与塑件图样的关系　模具及模具零件的材质、硬度、尺寸精度、结构等是否符合塑件图样的要求。

（2）塑料制件方面　塑料料流的流动、缩孔、熔接痕、裂口、脱模斜度等是否影响塑料制件的使用性能、尺寸精度、表面质量等方面的要求。图案设计有无不足，加工是否简单，成型材料的收缩率选用得是否正确。

（3）成型设备方面　注射量、注射压力、锁模力够不够，模具的安装、塑料制件的抽芯、脱模有无问题，注射机的喷嘴与浇口套能否正确地接触。

（4）模具结构方面

1）分型面位置及精加工精度是否满足需要，会不会发生溢料，开模后是否能保证塑料制件留在有顶出装置的模具一边。

2）脱模方式是否正确，推杆、推管的大小、位置、数量是否合适，推板会不会被型芯卡住，会不会擦伤成型零件。

3）模具温度调节方面。加热器的功率、数量，冷却介质的流动线路位置、大小、数量是否合适。

4）处理塑料制件侧凹的方法、脱侧凹的机构是否恰当，例如，斜导柱抽芯机构中的滑块推杆是否相互干扰。

5）浇注、排气系统的位置、大小是否恰当。

（5）设计图样

1）装配图上各模具零件安置部位是否恰当，表示得是否清楚，有无遗漏零件和尺寸，总装图与零件图有无矛盾。

2）零件图上的零件编号、名称、制作数量，零件内制还是外购，是标准件还是非标准件，零件配合处精度、成型塑料制件高精度尺寸处的修正加工及余量，模具零件的材料、热处理、表面处理、表面精加工程度是否标记、叙述清楚。

3）核算主要零件、成型零件工作尺寸及配合尺寸。尺寸数字应正确无误，不要使生产者换算。

4）检查全部零件图及总装图的视图布置，投影是否正确，画法是否符合制图国标，有无遗漏尺寸。

（6）校核加工性能　检查所有零件的几何结构、视图画法、尺寸标注等是否有利于加工。

（7）核算辅助工具的主要工作尺寸　专业校对原则上按设计者自我校对项目进行，但是要侧重于结构原理、工艺性能及操作安全等方面。

8. 制造

由模具制造单位技术人员编写制造工艺卡片，并且为加工制造作好准备。

在模具零件的制造过程中要加强检验，把检验的重点放在尺寸精度上。模具组装完成后，由检验员根据模具检验表进行全面检验，主要是检验模具零件的性能情况是否良好。只有这样才能保证模具的制造质量。

9. 试模及修模

模具设计虽然是在选定成型设备、成型材料后，在预想的工艺条件下进行的，但是人们的认识往往是不完善的。因此，必须在模具加工完成以后进行试模检验，看成型的制件质量如何。发现问题后，进行排除错误性的修模。

塑件出现不良现象的种类很多，原因也很复杂，有模具方面的原因，也有工艺条件方面的原因，二者往往交织在一起。在修模前，应当根据塑件出现的不良

现象的实际情况，进行细致的分析研究，找出造成塑件缺陷的原因后提出补救方法。因为成型条件容易变更，所以一般的做法是先变更成型条件，当变更成型条件不能解决问题时，才考虑修理模具。

修理模具更应慎重，没有十分的把握不可轻易改动。其原因是一旦变更了模具条件，就不能再作大的改造和恢复原状。

10. 整理资料进行归档

模具经试模检验后，若暂时不使用，则应该完全擦除脱模渣滓、灰尘、油污等，涂上黄油或其他防锈油防锈，送到保管场所保管。

把由设计模具开始到模具加工成功、检验合格为止，在此期间所产生的技术资料，例如，任务书、制件图、技术说明书、模具总装图、模具零件图、底图、模具设计说明书、检验记录表、试模修模记录等，按规定加以系统整理、装订、编号进行归档。这样做似乎很麻烦，但是对以后修理模具、设计新的模具都是很有用处的。

1.5 注塑模的现状及发展趋势

塑料工业是当今极具活力的一门产业。塑料是现代主要的工业结构材料之一，广泛应用于汽车、航空航天、电子通信、仪器仪表、文体用品、化工、纺织、医药卫生、建筑五金、家用电器等各个领域。

1.5.1 注塑模的现状

从 2012 年我国模具进口的海关统计资料可知，塑料模具占了模具进口总量的 50%，而注塑模在整个塑料模具中占据很大的比例。注塑模设计得好坏，决定着注塑成型制件的质量优劣及成品率高低。也就是说，是否能加工出质优价廉的塑料制件，在很大程度上要靠注塑模设计的合理性和先进性来保证。

现代塑料制件生产中，合理的注塑成型工艺、先进的注塑模及高精度、高效率的注塑设备是必不可少的三个重要因素，缺一不可。尤其是注塑模对完成塑料加工工艺要求、塑料制件使用要求和造型设计起着重要作用。高效的、全自动的设备也只有装上能自动化生产的模具才有可能发挥其效能，产品的生产和更新都是以模具制造和创新为前提的。

我国注塑模产品水平自 2004 年以来取得了长足的进步。在大型注塑模方面，可以生产 1219mm（48in）电视机的塑料外壳模具、6.5kg 大容量洗衣机洗衣桶的模具以及汽车保险杠、整体仪表板等塑料模具；在精密注塑模具方面，已能生产照相机塑料模具、多型腔小模数齿轮模具等。这也显示了目前我国注塑模技术已达到了较高水平，并在国民经济发展过程中发挥越来越重要的作用。

现在考察某个国家的科学与生产技术水平，塑料的生产与应用情况是重要标

准之一。塑料的加工与应用和塑料工业发展的快慢，对国家科技与生产，以及国民经济发展的巨大影响是不言而喻的。

纵观世界经济的发展，经济发展较快时，产品畅销，自然要求模具的制造技术能跟上。目前，世界模具市场仍供不应求，可见研究和发展模具技术、提高模具技术水平，对于促进国民经济的发展具有特别重要的意义。在日本模具被誉为“进入富裕社会的原动力”，在德国模具被称为“金属加工业中的帝王”，在罗马尼亚“模具就是黄金”。可以断言，随着现代化技术的迅速发展，人们将生活在“塑料世界”中，注塑模在国民经济发展过程中将处于十分重要的地位。

1.5.2 注塑模的发展趋势

我国塑料模具工业起步晚，底子薄，与工业发达国家相比存在很大的差距。但在国家产业政策和与之配套的一系列国家经济政策的支持和改革开放方针引导下，我国注塑模得到迅速发展，高效率、自动化、大型、微型、精密、无流道、气体辅助、高寿命模具在整个塑料模具产量中所占的比重越来越大。从模具设计和制造技术方面来看，注塑模的发展趋势可归纳为以下几方面：

（1）加深理论研究　在模具设计中，对工艺原理的研究越来越深入，模具设计已由经验设计阶段逐渐向理论计算设计方面发展，尤其是注塑时熔体流动引起的取向，这使塑件的质量会得到很大的提高。

（2）高效率、自动化　大量采用各种高效率、自动化的模具结构，如高效冷却以缩短成型周期；气体辅助注射成型以提高注塑件质量；热流道浇注系统以提高注塑件的生产率和质量；各种能可靠地自动脱出产品和流道凝料的脱模机构以增加产量等。高速自动化的注塑成型机械配以先进的模具，对改善制件质量、提高生产效率、降低产品成本起到了很大的作用。

（3）大型、超小型及高精度　由于塑料具有异常的特性，应用范围十分广阔。塑料件已应用到建筑、机械、交通运输、家用电器、仪器仪表等各个工业领域，于是出现了各种大型、精密和高寿命的注塑模。为了满足这些要求，研制了各种高强度、高硬度、高耐磨性能且易加工、热处理变形小、导热性优异的模具材料。

（4）标准化　模具标准化及模具标准件的应用将极大地影响模具制造周期，且还能提高模具的质量及降低模具的制造成本。开展模具标准化工作，使模板、导柱、推杆等通用零件标准化、系列化、商品化，以适应大规模成批地生产注塑模。

（5）扩大研究各种特殊结构的注塑模　为了满足塑料制件的功能要求，应进一步探索具有特殊性能的模具结构，如低发泡注塑模、双色注塑模、热固性塑料温流道注塑模、热固性塑料注压模、反应注塑模、BMC 注塑模、逆流注塑模、

液态注塑模、多级注塑模、叠层式注塑模、低压注塑模、磁场定向注塑模、装配注塑模等。

（6）全面推广 CAD/CAE/CAM 技术　CAD/CAE/CAM 技术是模具技术发展的一个重要里程碑，实践证明，CAD/CAE/CAM 技术是模具制造的发展方向。现在，全国普及 CAD/CAE/CAM 技术的条件已基本成熟。随着计算机软件的发展和进步，技术培训工作也日趋简化。在推广应用 CAD/CAE/CAM 技术的基础上，应大力开展企业信息化工程，可从计算机辅助工艺设计开始逐步向计算机集成制造乃至向虚拟制造发展，逐步深化和提高，用于模具设计制造的计算机软件向智能化、集成化、网络化及数字化方向发展。

（7）进一步加强快速原型制造（RPM）技术　快速原型制造技术是美国首先推出的。它是伴随着计算机技术、激光成型技术和新材料技术的发展而产生的，是一种全新的制造技术，是基于新颖的离散/堆积（即材料累加）成型思想，根据零件 CAD 模型，快速自动完成复杂的三维实体（模型）制造。RPM 技术是集精密机械制造、计算机、数控技术、激光成型技术和材料科学最新发展的高科技技术，被公认是继数控技术之后的一次技术革命。这种方法制造模具具有技术先进、成本较低、设计制造周期短、精度适中等特点，从模具的概念设计到制造完成，仅为传统加工方法所需时间的 1/3 和成本的 1/4 左右。RPM 技术还可以解决石墨电极压力振动（研磨）成型法中母模制造困难的问题。

（8）超精加工和复合加工　必须要有超高精度的模具制造超高精度的零件。随模具向精密化和大型化方向发展，加工精度超过 1μm 的超精加工技术和集电、化学、超声波、激光等技术综合在一起的复合加工技术在今后的模具制造中将有广泛的前景。

第 2 章　注塑件设计

塑件设计是一项系统性、综合性的工作。首先要考虑满足使用功能，然后进行材料选择，再确定成型方法（尤其要注意塑件的分型、脱模、排气等），最后才是结构尺寸和技术要求的确定，这时还要顾及品质控制和外表造型及工艺性。整个过程要与生产成本和效率紧密结合。

2.1　设计的准备和程序

2.1.1　设计前的准备

由于塑料品种繁多、性能优异、用途广泛，塑件的设计更具有丰富的工程内容。通常，准备工作从以下两方面着手：

1. 设计的总体思想

塑件与任何工业产品一样，结构和造型的设计应是相继性和创造性的对立与统一，并且要符合工程设计的原理。相继是经验的运用，创造是追求目标的体现。新的产品应满足更全、更新、更方便使用的要求，在这个基础上而具有新颖性和独特性。随着工业技术的进展和人们生活水平的提高，精密、小巧、雅致的产品更有市场，更符合人们的要求。

2. 信息收集与方案确定

信息收集主要是了解市场和生产技术两方面的情况。市场情况不仅是单纯的销售经营情况，而且还包含应用前景。例如，采用轻盈的塑料结构交通工具，可降低能耗，带来巨大的社会效益和经济效益，其前景不可估量。

生产技术方面的信息是指技术性的详细资料，如照片、实物样品、说明书、技术文件（图样、工艺、成本、技术指标等）、原材料品种和价格、生产设备的配置和能力、模具和各类辅助工装的设计以及制造条件等。设计时，对各种资料进行收集、分析、研究之后，提出结构合理、现有生产条件胜任、切实可行的方案。

设计方案的确定可按照对所绘制的各种简图分析、对比、评价等程序进行，即主要是从基本结构、材质与加工、造型与价格、生产与使用以及现有生产条件等方面着手，筛选出较为理想的简图，然后再作进一步完善和修改，形成最优秀的设计方案。

2.1.2　设计的程序

塑件的设计大致可以按如下步骤进行：

1. 功能设计

功能设计是要求塑件应具有满足使用目的之功能，并达到一定的技术性指标。例如，结构件是用来构造某一整机的；传动件是用来传递运动的；光学件是用于成像的等。这些功能的考虑要与物质条件和使用环境结合起来。物质条件包括塑件的几何形状与结构、材质、成型方法和设备等。使用环境指使用状态下客观现场的情况，如力、热、化学物质等的影响。通常，塑件性能指标有以下三方面的要求：

（1）承受外力的要求　它包括静态、动态、冲击载荷、振动、摩擦、磨损、剪切、弯曲等状态下的强度。

（2）对工作环境的要求　这是由于塑料的热性能较差，塑件的工作温度不能过高，脆化温度、热变形温度、分解温度等都要认真掌握（分解温度为塑件成型时的极限温度）。此外，对耐化学药物和溶剂，对耐阳光和其他辐射，对环境气候的作用都提出要求。

（3）其他的要求　例如成本方面、使用年限和电气性能方面的专门要求。

上述的各项性能指标均有各种国家、行业等制定的标准，并可以由专用仪器加以测定。这些标准在设计的过程中均应予以遵循和合理标注，并有利于制造和验收。此外，有时企业也可自行制定技术标准。

2. 材料选择

通常，选择塑件材料的依据是它所处的工作环境及使用性能的要求，以及原材料厂家提供的材料性能数据。通过对它们进行分析、对比、评价，筛选出综合性能比较理想的材料。

对于常温工作状态下的结构件来说，要考核的数据主要是材料的力学性能。这可以通过下述的塑料应力-应变曲线来说明。将玻璃态高聚物制成适当形状和尺寸的试件（一般为哑铃形），在拉伸试验机上，以一定的速度拉伸，直到断裂。典型的高聚物拉伸应力-应变曲线如图 2-1 所示。起始段曲线的斜率是弹性常数，一般称为弹性模量。A 点称为比例极限点。过 A 点之后，应力增大，应变也增加，但不再为比例关系。当到达 B 点，如果继续拉伸，应力保持不变甚至下降

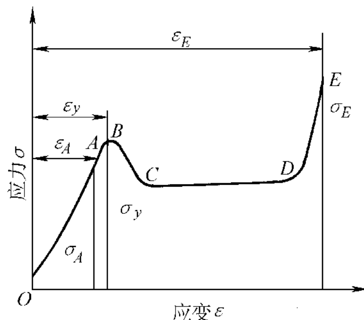


图 2-1　典型的高聚物拉伸应力-应变曲线

的情况下，应变可以在相当大的范围内增加。*B* 点称为屈服强度或屈服点。当到达 *D* 点后，应力再次增大，应变也增加，一直到 *E* 点断裂为止。*E* 点称为断裂点，又称拉伸强度。图中用 σ_y 表示屈服强度，σ_E 表示拉伸强度。

然而，塑料还具有特殊的力学性能，在长期静载荷作用下，其应变和断裂对时间和温度有明显的依赖性。尤其是在恒应力下，应变为时间的函数——蠕变。蠕变模量是塑料考核的关键数据。图 2-2 是塑料的应力-应变-时间三维图，它形象地把应力、应变、时间、温度（三维体的上表面即特定温度面）因素都表征出来。

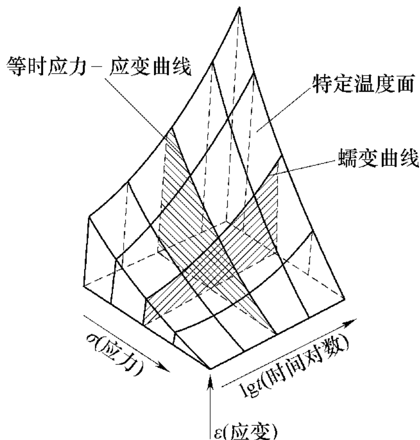


图 2-2　应力-应变-时间三维图

换言之，塑料的工程特性参数可由特定温度面上的等时应力-应变曲线和蠕变曲线描述。有关数据可由塑料材料手册查阅。

下面提供的参数对结构件设计时的力学计算是有用的：

1）从短时慢速的拉伸曲线上，可知屈服应力、极限强度、弹性模量，以及试验速度下的断裂伸长率。

2）常温下各种应力值的蠕变曲线族和使用期内最高温度下的蠕变曲线。

3）玻璃化温度（无定型聚合物）或熔化温度（结晶型聚合物）、热变形温度和线膨胀系数。

4）其他力学性能，如冲击强度、弯曲强度、剪切强度、表面硬度等。

3. 结构设计

塑件的结构要考虑功能、工艺性及造型三项因素。在满足功能的基础上，尽量使结构工艺性良好，造型新颖美观。

结构设计具体要完成的工作有：规划出几何形状；标注出应有的尺寸、公差和表面粗糙度数值等。

4. 品质评价和性能估算

塑件的质量是生产过程的核心目标，在设计阶段就要考虑到最终质量的评估。首先，由材料的性能大致可预计到其使用性能；其次，塑件的性能不仅受到几何结构制约，而且与成型方法和工艺条件（压力、温度、冷却）以及模具因素关系甚大。因此，比较可靠和行之有效的办法是对试制样品进行性能测试，从而达到品质控制的目的。就这一点来说，产品的图样上应有技术条件和检验要求。

5. 绘制图样、制作模型、试生产及定型

绘制产品图样最好经过设想简图→草图→立体图→模型→立体效果图→正式产品图的过程。效果图能全面地反映出产品形状、颜色和材质。正式图样应该是视图完整，布局合理，投影正确，内、外各结构要素表达清楚，尺寸和技术条件齐全，还要说明材料、件数和检验方法等内容。

对样品性能测试、试验的数据，可作为正式图样试生产过程中品质控制的指标。试生产是在对原材料进行严格的性能检验和预处理之后，按照预定的成型方法和设备及模具，采用一定的工艺而实施的，从而建立起完整的工艺流程和性能检验标准。必要时还需对产品进行实际使用的考验。

2.2　塑件的结构工艺性

塑件的结构工艺性是指塑件结构对成型工艺方法的适应性。在塑料生产过程中，一方面成型会对塑件的结构、形状、尺寸精度等诸方面提出要求，以便降低模具结构的复杂程度和制造难度，保证生产出价廉物美的塑料制件；另一方面，模具设计者通过对给定塑件的结构工艺性进行分析，弄清塑件生产的难点，为模具设计和制造提供依据。下面从几个方面来分析塑件的结构工艺性。

2.2.1　结构工艺性的意义

在工艺学范畴里，结构工艺性是指产品在某种生产规模时，完全满足使用性能的前提下，其结构应具有生产率高、生产成本低的工艺过程（方法）的适应性。对塑件说来，其形状结构、尺寸大小、精度和表面质量要求，与成型工艺和模具结构要相适应。

通常，评价一个产品的结构工艺性可主要从以下几个方面进行：

（1）要素的数目　要素是指组成某整机、部件的塑件或构成某塑件的各形面和尺寸。要素数目多的产品一般不容易生产，当然工艺性也就差。

（2）结构的相似性(继承性)　新设计的产品在满足使用性能的前提下，采用经过生产实践和实际使用考验的结构要素越多，越容易生产，质量也容易保证，工艺性也就好。

（3）原材料的选择和利用率　在满足强度的条件下，尽量采用便于采购、价格便宜的材料。原材料的利用率是指热塑性聚合物回头料再次掺和使用的问题。这一点不仅区别于金属材料，也不同于热固性聚合物。这样的做法主要能使生产成本大幅度地降下来。要特别注意，有色泽要求的慎用回头料。

（4）塑件应易于成型制造　这是结构工艺性最主要的要求，这一点在下文将详细论述。对于塑件来说，特别是由于成型方法（需用模具）的原因，要充分注意到脱模、分型和排气等问题。要考虑到补缩和冷却问题；除非有特殊要

求，应避免出现明显的各向异性问题发生，这对光学塑件尤其重要；而一般结构件会因各个方向的收缩差异而产生变形。

塑件工艺性的优劣主要取决于设计人员考虑是否周全。它对成型工艺和模具结构都有重大的影响。当塑件工艺性较差时，成型工艺条件必须严格控制，否则容易产生各种缺陷。另一方面对模具设计也提出苛刻的要求，往往需要模具本身具有非常复杂的结构以及很高的制造精度，有时甚至无法设计出合适的模具。实践证明，塑件结构的工艺性是与生产经验相关的，因此，必须在长期生产实践中仔细观察、精心研究和不断地积累。

2.2.2 塑件的几何形状结构

塑件主要是根据使用要求进行设计的。由于塑料有其特殊的物理力学性能，因此，设计塑件时必须充分发挥其性能上的优点，避免或补偿其缺点。在满足使用要求的前提下，塑件形状应尽可能地做到简化模具结构，符合成型工艺特点。在设计塑件时必须考虑以下几方面的因素：

1）塑料的物理力学性能，如强度、刚度、韧性、弹性、吸水性以及对应力的敏感性。

2）塑料的成型工艺性，如流动性。

3）塑料形状应有利于充模流动、排气、补缩，同时能适应高效冷却硬化（热塑性塑料制件）或快速受热固化（热固性塑料制件）。

4）塑件在成型后收缩情况及各向收缩率的差异。

5）模具的总体结构，特别是抽芯与脱出塑件的复杂程度。

6）模具零件的形状及其制造工艺。

以上前四条主要是指塑料性能特点，后两条主要是考虑模具结构特点。塑件设计的主要内容包括塑件的形状、尺寸、精度、表面粗糙度、壁厚、斜度，以及塑件上加强肋、支承面、孔、圆角、螺纹、嵌件等的设置。

1. 壁厚

各种塑件，不论是结构件还是板壁，根据使用要求都应具有一定的厚度，以保证其力学强度。一般来说，在满足力学性能的条件下厚度不宜过大，这样不仅可以节约原材料，降低生产成本，而且使塑件在模具内冷却或固化时间缩短，提高生产率；其次可避免因过厚易产生的凹陷、缩孔、夹心等质量上的缺陷。但是过薄会使熔融塑料在模具型腔内的流动阻力增大，造成成型困难，相应地对加工设备的能力（如压力、锁模力等）和模具的设计制造提出更高的要求。另外，当厚度和表面积尺寸相差较大时，会使塑件翘曲，影响质量。

（1）制件壁厚的作用

1）使制件具有确定的结构和一定的强度、刚度，以满足制件的使用要求。

2）成型时具有良好的流动状态（如壁不能过薄）以及充填和冷却效果（如壁不能太厚）。

3）合理的壁厚使制件能顺利地从模具中推出。

4）满足嵌件固定及零件装配等强度的要求。

5）防止制件翘曲变形。

（2）制件壁厚的设计

基本原则——均匀壁厚。即充模、冷却收缩均匀，形状性好，尺寸精度高，生产率高。

1）在满足制件结构和使用要求的条件下，尽可能采用较小的壁厚。

2）制件壁厚的设计，要能承受顶出装置等的冲击和振动。

3）在制件的连接固紧处、嵌件埋入处、塑料熔体在孔窗的汇合（熔接痕）处，要具有足够的厚度。

4）保证贮存、搬运过程中强度所需的壁厚。

5）满足成型时熔体充模所需壁厚，既要避免充料不足或易烧焦的薄壁，又要避免熔体破裂或易产生凹陷的厚壁。

塑件的壁厚应尽量均匀，壁与壁连接处的厚薄不应相差太大，并且应尽量用圆弧过渡；否则连接处由于冷却收缩得不均匀，产生内应力而使塑件开裂。热塑性塑件的壁厚，常在 1 ~5mm 范围内选取；热固性塑件的壁厚，小件常在 1. 5 ~2. 5mm 范围内选取，大件常在 3 ~10mm 范围内选取。精密塑件的壁厚可以不受上述范围限制，例如，轻巧的“随身听”壁厚就小于 1mm，与幅跨的比例小于 1/100。

此外，壁厚的取值范围还因选用的聚合物而异。对于流动性比较好的材料，如聚乙烯、聚丙烯和聚酰胺等，壁厚可以小一些，一般塑件可以小于 1mm，甚至可达 0. 6mm。

表 2-1 为热塑性塑料制件的壁厚推荐值，表 2-2 为热固性塑料制件的壁厚推荐值。

表 2-1　热塑性塑料制件的壁厚推荐值　（单位：mm）

塑 料 材 料	最小壁厚	小型制件壁厚	中型制件壁厚	大型制件壁厚
尼龙	0.45	0.76	1.5	2.4 ~3.2
聚乙烯	0.6	1.25	1.6	2.4 ~3.2
聚苯乙烯	0.75	1.25	1.6	3.2 ~5.4
高抗冲聚苯乙烯	0.75	1.25	1.6	3.2 ~5.4
聚氯乙烯	1.2	1.6	1.8	3.2 ~5.8
有机玻璃	0.8	1.5	2.2	4.0 ~6.5
聚丙烯	0.85	1.45	1.75	2.4 ~3.2
氯化聚醚	0.9	1.35	1.8	2.5 ~3.4

（续）

塑料材料	最小壁厚	小型制件壁厚	中型制件壁厚	大型制件壁厚
聚碳酸酯	0.95	1.80	2.3	3.0～4.5
聚苯醚	1.2	1.75	2.5	3.5～6.4
醋酸纤维素	0.7	1.25	1.9	3.2～4.8
乙基纤维素	0.9	1.25	1.6	2.4～3.2
丙烯酸类	0.7	0.9	2.4	3.0～6.0
聚甲醛	0.8	1.40	1.6	3.2～5.4
聚砜	0.95	1.80	2.3	3.0～4.5

表 2-2　热固性塑料制件的壁厚推荐值　　（单位：mm）

塑　　料	最小壁厚	推荐壁厚	最大壁厚
醇酸树脂-玻纤填充	1.0	3.0	12.7
醇酸树脂-矿物填充	1.0	4.7	9.5
酞酸二烯丙酯(DAP)	1.0	4.7	9.5
环氧树脂-玻纤填充	0.76	3.2	25.4
三聚氰胺甲醛树脂-纤维素填充	0.9	2.5	4.7
氨基塑料-纤维填充	0.9	2.5	4.7
酚醛塑料(通用型)	1.3	3.0	25.4
酚醛-棉短纤填充	1.3	3.0	25.4
酚醛-玻纤填充	0.76	2.4	19.0
酚醛-织物填充	1.6	4.7	9.5
酚醛-矿物填充	3.0	4.7	25.4
硅酮-玻纤填充	1.3	3.0	6.4
聚酯预混物	1.0	1.8	25.4

制件的壁厚太大，塑料在模具中需要冷却的时间越长，产品的生产周期也会延长。制件的壁厚太小，刚性差，不耐压，在脱模、装配、使用中容易发生损伤及变形；另外，壁厚太小，型腔中流道狭窄，流动阻力加大，造成填充不满，成型困难。壁厚与流程的关系见表 2-3。

表 2-3　壁厚(S)与流程(L)的关系　　（单位：mm）

塑料品种	计算公式
流动性好(PE、PA 等)	$S=\left(\frac{L}{100}+0.5\right)\times 0.6$
流动性中等(PMMA、POM 等)	$S=\left(\frac{L}{100}+0.8\right)\times 0.7$
流动性差(PC、PSU 等)	$S=\left(\frac{L}{100}+1.2\right)\times 0.9$

制件的壁厚原则上要求一致。壁厚不均匀，成型时收缩会不均匀，产生缩孔和内部应力，以致发生变形或者开裂。图 2-3a、图 2-4a 所示为不良设计；图 2-3b 所示为以掏空的方式达到底厚均匀，图 2-4b 所示为改进制件壁厚的设计。

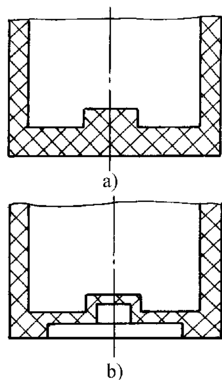


图 2-3　底厚改进设计
a）不良设计　b）改进设计

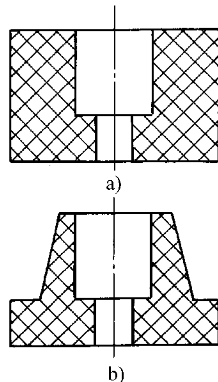


图 2-4　壁厚改进设计
a）不良设计　b）改进设计

图 2-5a、b 所示为采用掏空的方式尽量使壁厚均匀，消除翘曲、凹痕和应力。图 2-6 示出当不同的壁厚无法避免时，应采用倾斜方式使壁厚逐渐变化。图 2-6a 所示为不良设计，图 2-6b 所示为改进设计。

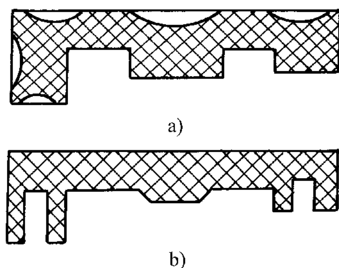


图 2-5　防止变形的壁厚设计
a）不良设计　b）改进设计

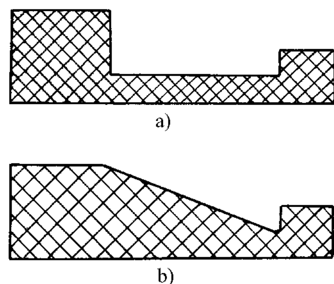


图 2-6　不同壁厚的设计
a）不良设计　b）改进设计

图 2-7b 所示为用空心形状来减轻塑料质量的设计，图 2-7a 所示为不良设计。图 2-8b 所示为用掏空方式达到壁厚均匀的设计，图 2-8a 所示为不良设计。

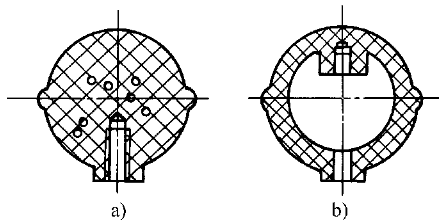


图 2-7　手柄壁厚改进
a）不良设计　b）改进设计

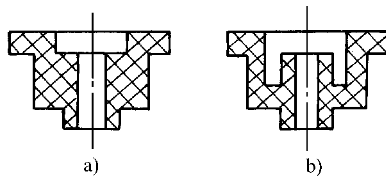


图 2-8　塑料轴承壁厚改进
a）不良设计　b）改进设计

图 2-9b 所示为改进圆柱部分壁厚的设计，图 2-9a 所示为不良设计。

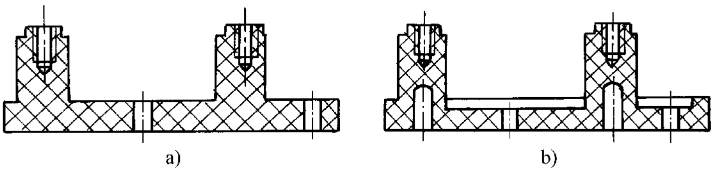


图 2-9 塑件圆柱部分壁厚改进
a）不良设计 b）改进设计

2. 脱模斜度

由于塑件成型时冷却过程中产生收缩，使其紧箍在凸模或成型芯上。为了便于脱模，防止因脱模力过大而拉坏塑件或使其表面受损，与脱模方向平行的塑件内、外表面都应具有合理的斜度，如图 2-10 所示。

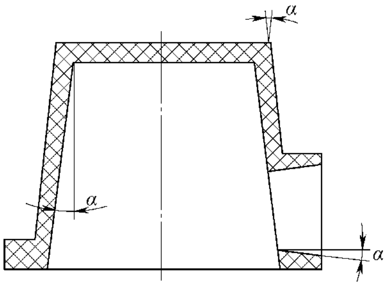


图 2-10 塑件的斜度

脱模斜度的大小与下列因素有关：

1）制件精度要求越高，脱模斜度应越小。

2）尺寸大的制件，应采用较小的脱模斜度。

3）制件形状复杂不易脱模的，应选用较大的斜度。

4）制件收缩率大，斜度也应加大。

5）增强塑料宜选大斜度，含有自润滑剂的塑料可用小斜度。

6）制件壁厚大，斜度也应大。

7）斜度的方向。内孔以小端为准，满足图样尺寸要求，斜度向扩大方向取得；外形则以大端为准，满足图样要求，斜度向偏小方向取得。一般情况下，脱模斜度 α 可不受制件公差带的限制，高精度塑料制件的脱模斜度则应当在公差带内。

脱模斜度 α 值可按表 2-4、表 2-5 选取。

表 2-4 热塑性塑料制件脱模斜度

塑料品种	脱模斜度	
	制件外表面	制件内表面
PA(通用)	20′~40′	25′~40′
PA(增强)	20′~50′	20′~40′
PE	20′~45′	25′~45′
PMMA	30′~50′	35′~1°
PC	35′~1°	30′~50′
PS	35′~1.35°	30′~1°
ABS	40′~1.20°	35′~1°

表 2-5　热固性塑料制件外表面脱模斜度

制件高度/mm	<10	10～30	>30
脱模斜度	25′～30′	30′～35′	35′～40′

具备以下条件的型芯，可采用较小的脱模斜度：

1）推出时制件刚度足够。

2）制件与模具钢材表面的摩擦因数较低。

3）型芯的表面粗糙度值小，抛光方向又与制件的脱模方向一致。

4）制件收缩量小，滑动摩擦力小。

在不影响尺寸精度的情况下，塑件的内外表面都应有斜度，特别是深形的容器类制件，塑件内侧的斜度可以比外侧的斜度大 1°，如图 2-11 所示。

当只在塑件的内表面有斜度时，塑件会留在凹模内，凹模一边应设有推出装置，如图 2-12 所示。

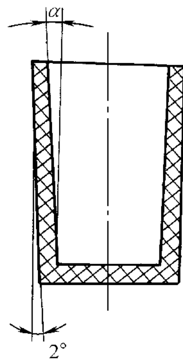


图 2-11　内外表面斜度

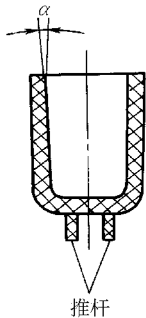


图 2-12　外表面无斜度

箱形或盖状制件的脱模斜度随制件高度略有不同：高度在 50mm 以下，取 1/30～1/50；高度超过 100mm，取 1/60；在二者之间的取 1/30～1/60。格子状制件的脱模斜度与格子部分的面积有关，一般取 1/12～1/14。

3. 加强肋、凸台及支承面

加强肋可定义为塑件上长的突起物，在不增加壁厚的条件下，可提高塑件的强度和刚度。凸台是塑件上用来增强孔或供装配附件用的凸起部分，如图 2-13 所示。

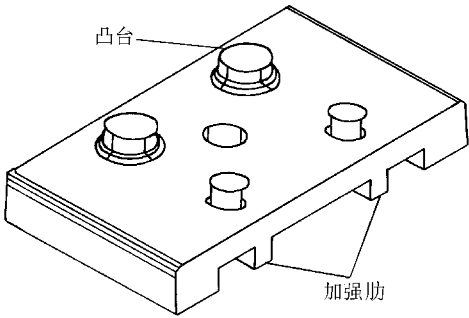


图 2-13　加强肋与凸台

（1）加强肋　塑件上适当设置的加强肋可以防止塑件的翘曲变形；沿着物料流动方向的加强肋还能降低充模阻力，提高熔体流动性，避免气泡、缩孔和凹陷等现象的产生。

典型的加强肋形状和比例关系如图2-14所示。加强肋的高度 $h \leqslant 3t$（t 为塑件壁厚），脱模斜度 $\alpha = 2° \sim 5°$。加强肋的顶部应为圆角，底部以半径为 R 的圆角向周围过渡，$R \geqslant 0.25t$；加强肋宽度 $b < t$，常取 $b = 0.5t$。通常，加强肋以高度低（过高时容易在弯曲和冲击负荷作用下受损）、宽度小且数量多（塑件形状所允许的条件下）为好。图2-15所示为加强肋宽度 b 过大引起了塑件表面缩瘪缺陷的发生。图2-16a是把大的加强肋改为多条小的加强肋；而图2-16b是把加强肋连结成格子形状。这样，既可提高制件强度，又可防止缩瘪缺陷产生。

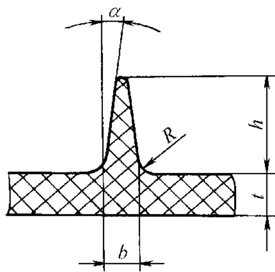


图2-14　加强肋的结构

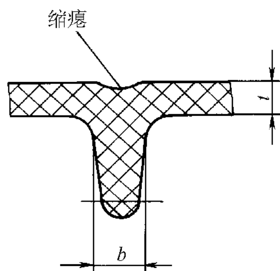


图2-15　宽加强肋的缩瘪

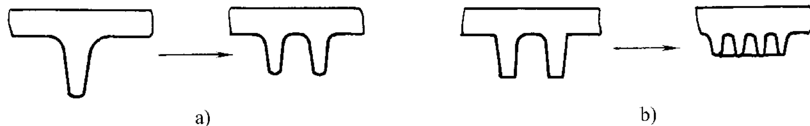


图2-16　加强肋的防缩瘪措施
a）改大为小　b）连成格子状

加强肋位置的布局应注意以下几点：

1）加强肋的方向应尽量与物料充模时熔体流动的方向保持一致，以避免因流动受阻出现的成型缺陷或造成塑件的强度和刚度下降。

2）加强肋应位于塑件受力位置上；在有多条肋的情况下，应使各肋的排列互相错开，防止因收缩不均匀而引起开裂。图2-17所示为加强肋的两种布排情况。图2-17a属不合理的布排，可能因为肋厚集中而出现缩瘪或气泡；宜改为图2-17b所示的布排。

3）较大表面积或外观要求较高的情况下，应避免把加强肋设置在大表面的中部，以防止熔体流动缺陷产生的流纹和凹陷等。为了掩盖凹陷，可在肋所对应

的外壁处设置楞沟或流纹，如图 2-18 所示。图中的侧向表面，因无楞沟而出现流纹，影响塑件的外观。

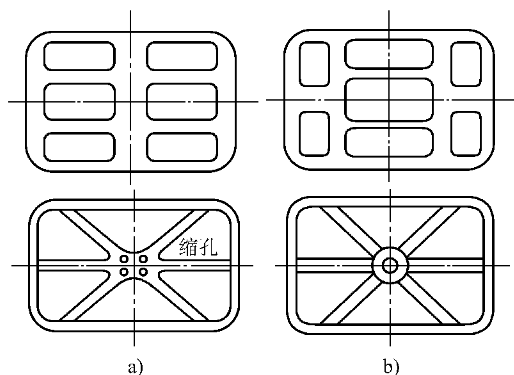


图 2-17　加强肋的布局
a）不合理　b）合理

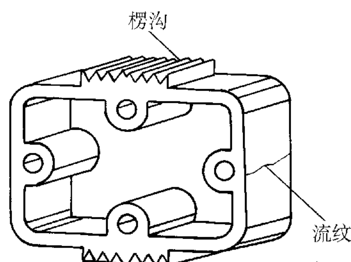


图 2-18　楞沟结构的作用

如图 2-19 所示，在长形或深形箱体的转角处设置加强肋，能有效地克服翘曲变形现象。

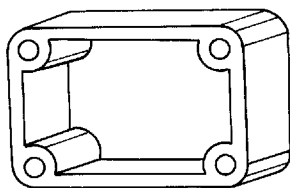


图 2-19　转角处设置加强肋

加强肋还可起辅助流道的作用，改善熔体的流动充模状态。图 2-20a 所示制件强度低，易变形，成型充模困难；图 2-20b 所示为改进后的状态。

加强肋应设计得低一些、多一些为好。深而狭窄的沟槽会给模具加工带来困难。高而厚会使加强肋所在处的壁厚不均，易形成缩孔和表面凹陷。图 2-21a 所示虚线处成型会形成表面凹陷，为不良设计；图 2-21b 为较好的设计。

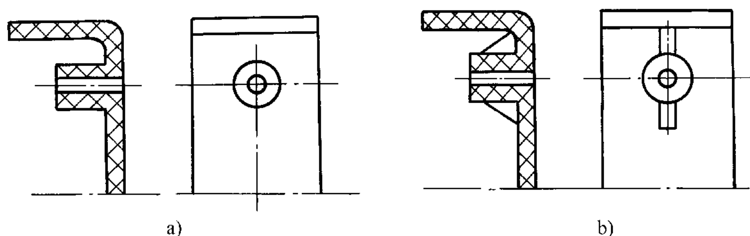


图 2-20　加强肋改善流动的设计
a）不良设计　b）改进设计

加强肋的方向应与模压方向或模具的开模方向一致，便于脱模。

另外，还应注意制件的收缩方向。图 2-22a 为利用加强肋阻止收缩变形的设计；图 2-22b 为沿收缩方向的设计。

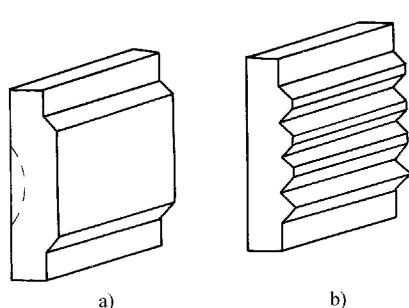


图 2-21　加强肋深浅设计

a）不良设计　b）改进设计

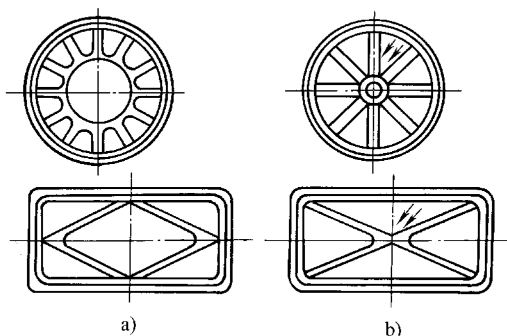


图 2-22　加强肋的收缩方向

加强肋的端面应低于塑料制件支承面 0.5 ~1mm，如图 2-23 所示。

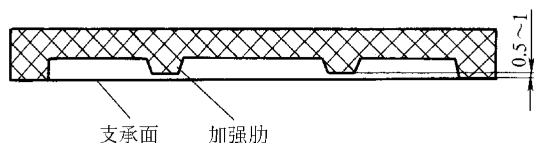


图 2-23　加强肋与支承面

（2）凸台　凸台一般位于有加强肋的部位或制件的边缘。图 2-24a、b 所示为在肋上设置凸台，图 2-24c、d 所示为在制件的边缘设置凸台。凸台处一般能承受较大的推出力，有利于布置推杆。

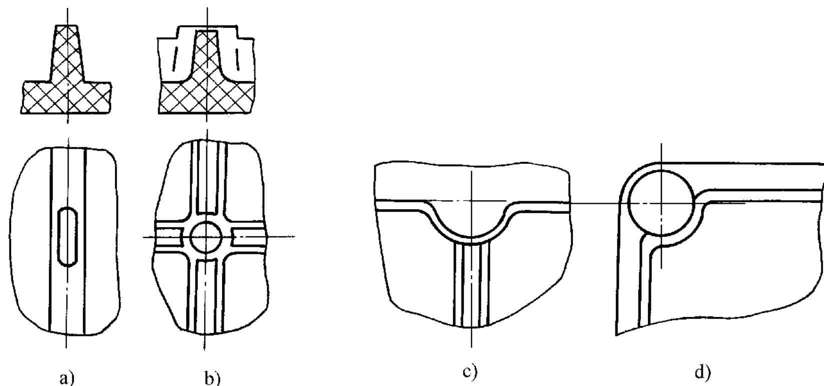


图 2-24　有加强肋时凸台的位置设计

太接近制件的角落或侧壁会增加模具制造的困难。如图 2-25 所示，图 a 为不好的设计，图 b 为较好的设计。

凸台处于平面或远离壁面时，应用加强肋加强，提高其强度并使制件成型容易，如图 2-26a、b 所示。

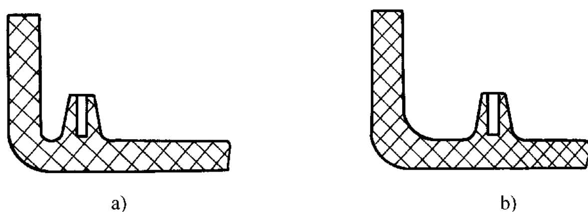


图 2-25　凸台的位置设计

a）不好的设计　b）较好的设计

安装紧固凸台时，台阶支承面不宜太小，在转折处不要突然变化，应当平缓地过渡。如图 2-26 所示，图 c 为不好的设计，图 d 为较好的设计。

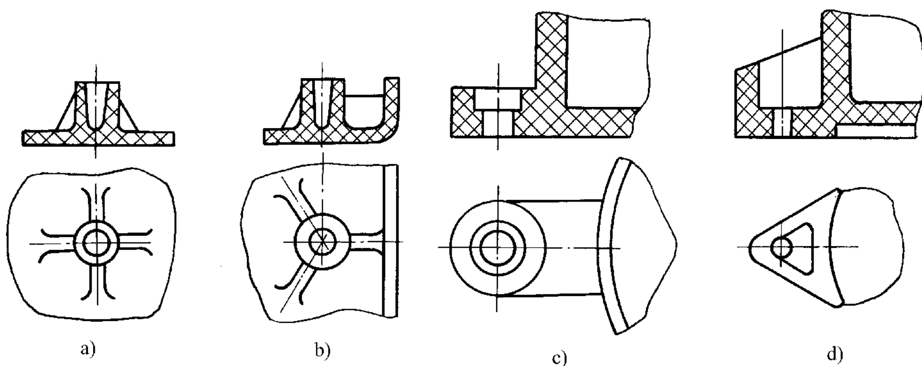


图 2-26　凸台处增设加强肋的设计

凸台应尽量设计成圆形断面，非圆形断面会增加模具制造的困难。如图 2-27 所示，图 a 为不好的设计，图 b 为较好的设计。

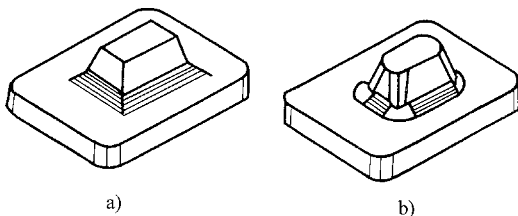


图 2-27　凸台的形状设计

a）不好的设计　b）较好的设计

（3）支承面　以塑件的整个底面作支承面是不合理的，因为塑件稍许翘曲或变形就会使底面不平。常以凸出的底脚（三点或四点）或凸边来作支承面，如图 2-28 所示。

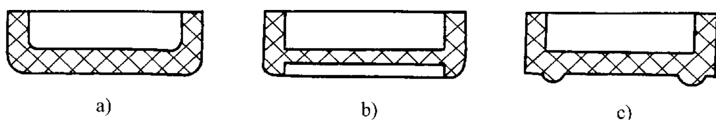


图 2-28　用底脚或凸边作支承面

a）不合理　b）合理　c）合理

当塑件底部有加强肋时，应使加强肋与支承面相差 0.5～1mm 的高度，如图 2-23 所示。

图 2-29 所示为内框支承面。图 2-30 所示为支脚支承面。

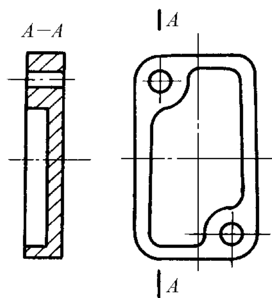


图 2-29　内框支承面

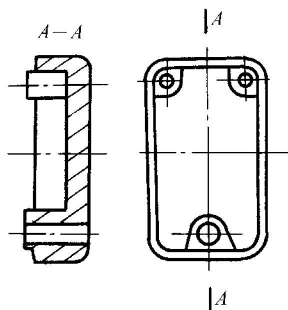


图 2-30　支脚支承面

（4）其他结构　除了上述的加强肋、凸台及支承面外，以下结构都能起到增加强度、防止翘曲变形的作用。图 2-31 所示的结构使器皿类塑件的边缘增强，实质上是加强肋的变异；图 2-32 所示结构使容器底部得以增强；图 2-33 所示结构使侧壁增强。有时为了防止软塑料矩形薄壁容器内凹翘曲，而采用预防措施——有意识地先将侧壁设计得稍微外凸，待内凹后恰好平直，如图 2-34 所示。这种补偿思维方式能有效地应用于精密塑件的设计，对于不是均匀收缩的塑件，则应考虑在不同部位形态轮廓尺寸上增加或减小某一数值，使成型后的塑件正好在公差范围之内。此外，对于大平面塑件，防止其变形的措施是将形状改为圆弧曲面，若考虑到外观优美，可用抛物面外形，如图 2-35 所示。

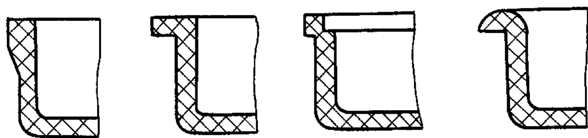


图 2-31　器皿边缘的增强

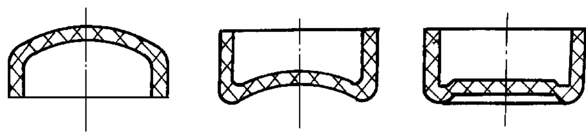


图 2-32　器皿底部的增强

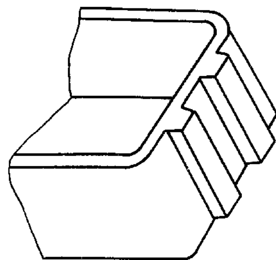


图 2-33　侧壁的增强

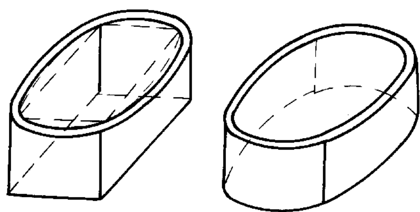


图 2-34　预防内凹的方法

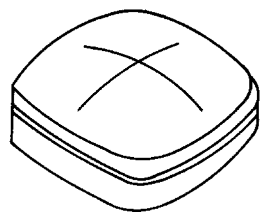


图 2-35　防变形的大抛物面

4. 圆角

塑件上各处的轮廓过渡和壁厚连接处，一般采用圆角连接，有特殊要求时才采用尖角结构。尖角容易产生应力集中，在受力或受冲击振动时会发生破裂。圆角不仅有利于物料充模，同时也有利于熔融料在模具型腔内的流动和塑件的脱模。图 2-36 给出了过渡圆角的取值范围。图 2-37 给出了塑件壁厚过渡处的半径与周围壁厚的比值 R/t 与应力集中系数的关系，曲线显示在 $R/t=0.6$ 以后就变得比较平缓了。转折处圆弧过渡可以减小塑料流动的阻力，改善制件的外观。如图 2-38 所示，图 a 为不好的设计，图 b 为较好的设计。

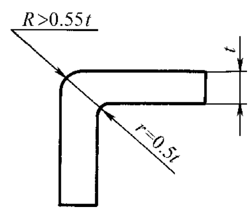


图 2-36　塑件的圆角

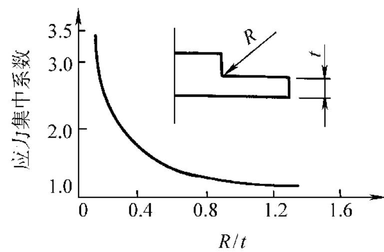


图 2-37　应力集中系数与径厚比关系

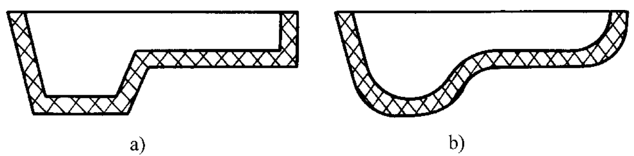


图 2-38　转折处圆弧过渡设计

a）不好的设计　b）较好的设计

加强肋的顶端及根部等处也应设计成圆弧。加强肋的高度与圆角半径的关系见表 2-6。

表 2-6　加强肋的圆角半径值　（单位：mm）

肋的高度	≤6.5	>6.5 ~ 13	>13 ~ 19	>19
圆角半径	0.8 ~ 1.5	1.5 ~ 3.0	2.5 ~ 5.0	3.0 ~ 6.5

5. 孔

塑件上常见的孔有通孔、不通孔、形状复杂的孔、螺纹孔等。螺纹孔将在后面讨论。这些孔均应设置在不易削弱塑件强度的地方。在孔之间和孔与边壁之间均应有足够的距离。孔的直径和孔与边壁最小距离之间的关系见表2-7。孔与孔边缘之间的距离应大于孔径，塑件上固定用孔和其他受力孔的周围可设计一凸边来加强，如图2-39a、b、c所示。

表2-7 孔与边壁最小距离 （单位：mm）

孔 径	孔与边壁间最小距离	孔 径	孔与边壁间最小距离
2	1.6	5.6	3.2
3.2	2.4	12.7	4.8

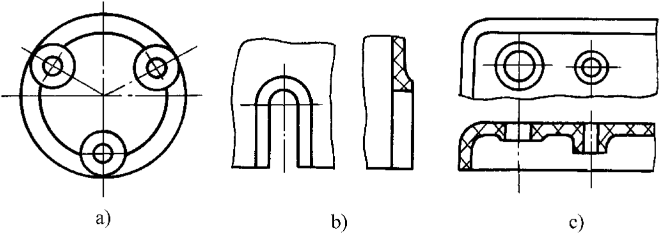


图2-39 孔的加强

（1）通孔 成型通孔用的型芯一般有以下几种安装办法，如图2-40所示。图a由一端固定的型芯来成型，这时在孔的一端有不易修整的飞边。由于型芯系一端支撑，孔深时型芯易弯曲。图b由两个两端固定的型芯来成型，同样有飞边。由于不易保证两型芯的同轴度，这时应将其中一个型芯设计成比另一个大0.5～1mm。这样即使稍有不同心，也不致引起安装和使用上的困难。该设计的优点是型芯长度缩短了一半，增加了型芯的稳定性。图c是由一端固定、一端导向支撑的型芯来成型。这种型芯有较好的强度和刚性，又能保证同心。此法较为常用，但导向部分易因导向误差而磨损，以致产生圆角溢料。型芯无论用何种固定方法，孔的深度均不能太大，否则型芯会弯曲。

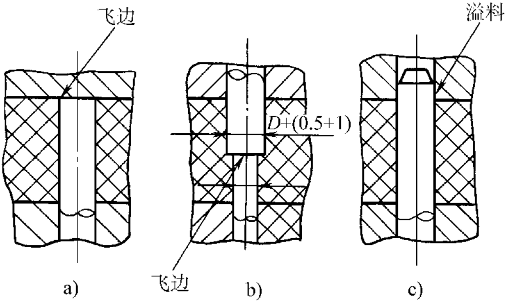
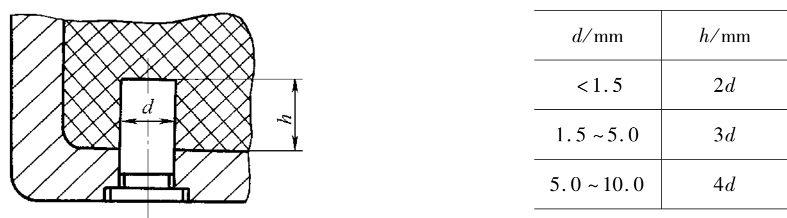


图2-40 通孔的成型

（2）不通孔 不通孔只能用一端固定的型芯来成型，因此其深度应小于通

孔。根据生产经验，注塑成型时，孔深应小于 $4d$。当孔径较小而深度又较大时，会在成型时使型芯因受熔体冲击而弯曲或折断。故对不通孔的深度和孔径有一定的要求，如图 2-41 所示。



d/mm	h/mm
<1.5	$2d$
1.5 ~ 5.0	$3d$
5.0 ~ 10.0	$4d$

图 2-41　不通孔的深度与直径的关系

（3）形状复杂的孔　形状比较复杂时，可用拼合型芯成型形状复杂的孔，如图 2-42a、b、c、d、e 所示。

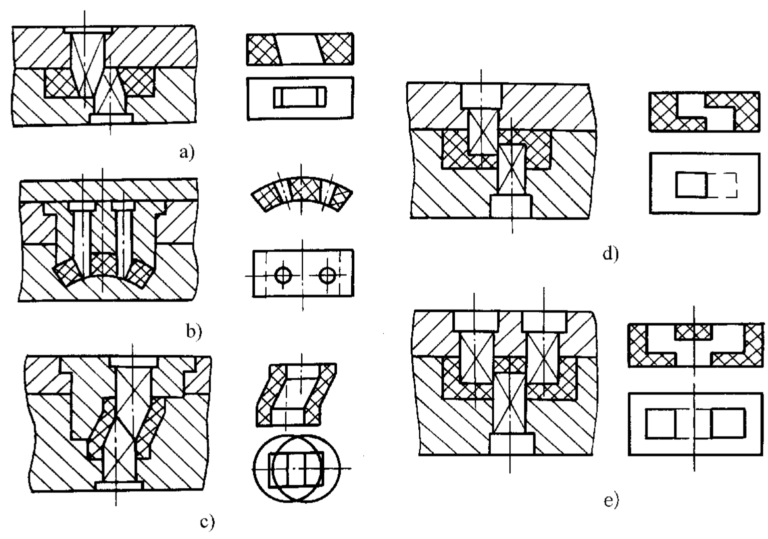


图 2-42　用拼合型芯成型复杂孔

（4）侧向孔(或凹槽)　对于侧向孔（或凹槽）来说，必须采用较为复杂的模具成型。通常，侧向孔要用侧向的分型和抽芯机构来实现，而侧凹要用瓣合式（习惯上称哈夫式）模具。复杂结构模具制造比较困难，难以保证精度，并且容易引起脱模问题。模具的制造成本也急剧增加，每采用一个侧向抽芯机构，几乎要多五成的费用。所以，只有在不得已的情况下（为了保证使用性能）才采用侧孔和侧凹的结构形式。或者考虑通过改善结构形式，用与脱模方向一致的抽芯方式来成型侧向孔。例如，图 2-43a、b、c 所示为避免侧向抽芯的几种结构形状

的设计方案；图 2-44 所示为避免侧向分型的结构形状设计。一般说来，这些变化并不影响塑件使用性能。

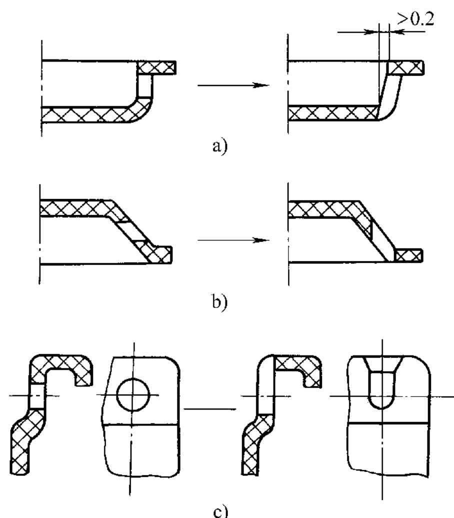


图 2-43　避免侧向抽芯的设计

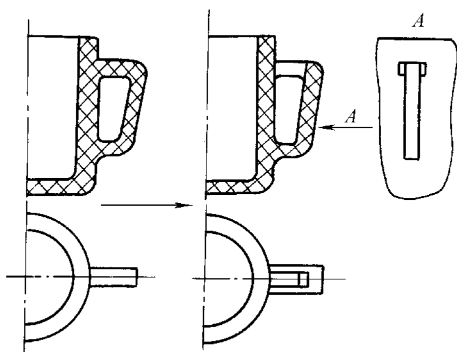


图 2-44　避免侧向分型的设计

采用聚乙烯、聚丙烯和聚甲醛等软性聚合物为原材料的塑件，若带有侧向浅凹槽，可实现强制脱模，不必使用瓣合模。图 2-45 表示了其结构形状和相应的尺寸关系，内侧凹取$(A-B)/B\leqslant 0.05$，外侧凹取$(A-B)/C\leqslant 0.05$。

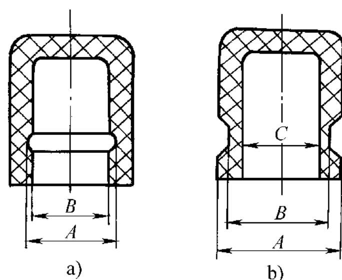


图 2-45　可强制脱模的浅侧凹
a）内侧凹　b）外侧凹

6. 螺纹

塑件上的螺纹可以在模塑时直接成型，也可以用后加工的办法机械切削。在经常装拆和受力较大的地方则应该采用金属的螺纹嵌件。塑料螺纹的强度约为钢制螺纹强度的 1/10 ~ 1/5，而且螺牙的正确性较差。塑件上的螺纹应选用螺牙尺寸较大者，螺牙过细会影响使用强度。

1）螺纹的直径不宜过小。通常，外螺纹应大于 4mm，内螺纹应大于 2mm。当直径较小时，应尽量避免使用细牙螺纹，以防止因螺距过小而降低螺纹强度。表 2-8 所列为细牙螺纹选用的范围，标“×”者不宜选用。

2）螺纹的始末端应有一定的过渡长度 L，以提高强度防止最外圈的螺纹崩裂或变形，如图 2-46 所示。过渡长度 L 的值可按表 2-9 选取。为了导向和防止螺纹的第一扣崩裂，两端留有无螺纹区，在图 2-46 中标出其长度范围，分别为大

于 0.2mm 和 0.2 ~ 0.8mm。

表 2-8　细牙塑料螺纹的选用

螺纹直径/mm	螺纹类别			
	1 级	2 级	3 级	4 级
≤3	×	×	×	×
>3 ~ 6	×	×	×	×
>6 ~ 10	○	×	×	×
>10 ~ 18	○	○	×	×
>18 ~ 30	○	○	○	×
>30 ~ 50	○	○	○	○

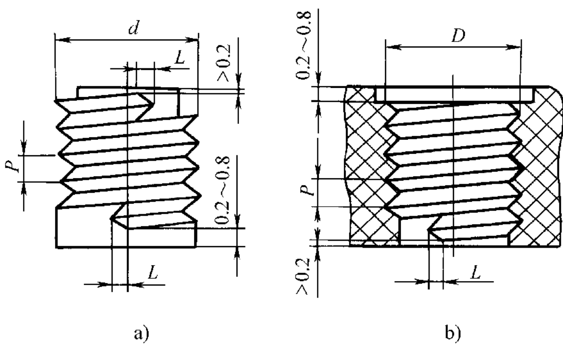


图 2-46　螺纹的结构形状
a）外螺纹　b）内螺纹

表 2-9　螺纹始末过渡长度值

（单位：mm）

螺纹直径	螺距 P		
	≤1	>1 ~ 2	>2
	始末过渡长度 L		
≤10	2	3	4
>10 ~ 20	3	4	5
>20 ~ 30	4	6	8
>30 ~ 40	6	8	10

3）软性塑料的螺纹牙型可以是圆弧形或梯形，螺牙高度也应尽量取低值，便于采用强制脱模方式脱模。图 2-47 所示为可强制脱模的圆牙螺纹。

在同一螺纹型芯（或型环）上有前后两段螺纹时，应使两段螺纹旋转方向相同，螺距相等，如图 2-48a 所示，否则无法将塑件从螺纹型芯（或型环）上拧下来。当螺距不等或旋转方向不同时，就要采用两段型芯（或型环）组合在一起，成型后分段拧下，如 2-48b 图所示。

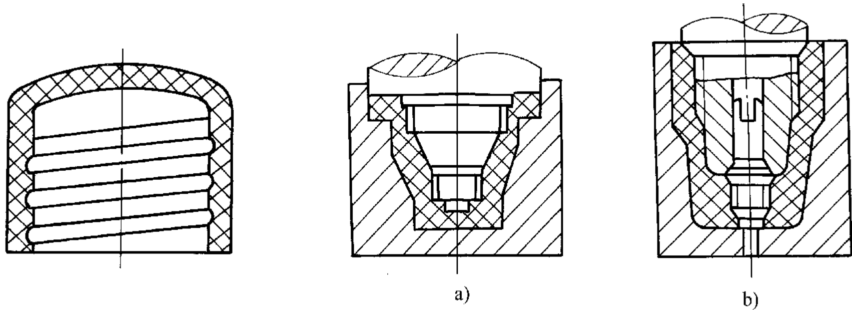


图 2-47　可强制脱模的圆牙螺纹

图 2-48　两段同轴螺纹的设计

7. 嵌件

为了满足连接、装配、使用强度以及保证塑件的精度和尺寸稳定性等要求，在塑件内部镶嵌的金属件称为嵌件。有时嵌件是为了达到某些特殊功能（如导电、导磁、抗磨损等）而设置。但是，嵌件结构一般都会使模具结构变得复杂，并给成型工艺带来麻烦，不易实现自动化，也使生产周期延长。

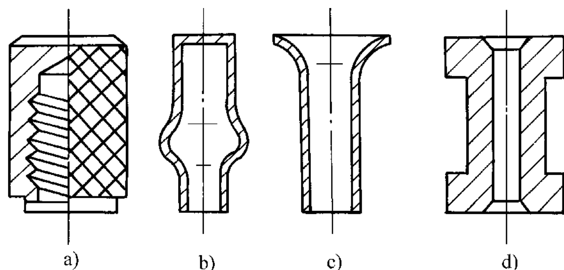


图 2-49　嵌件的形状
a）螺孔式　b）管套式　c）羊眼式　d）通孔式

根据使用的要求，常用的嵌件有圆柱形、管套形、板片形等结构形状。例如，圆柱形嵌件可用做螺杆、接线柱；板片形嵌件可用做导电片、接触片等。为了使嵌件能在塑件内部牢固地嵌定而不至于被拔脱，嵌件的表面必须做出沟槽或滚花，或者把它制成各种特殊的形状，如图 2-49 所示。

多数嵌件由各种有色或黑色金属制成，也有用玻璃木材或已成型的塑件等非金属材料作嵌件的。图 2-50 所示为几种常见的金属嵌件。

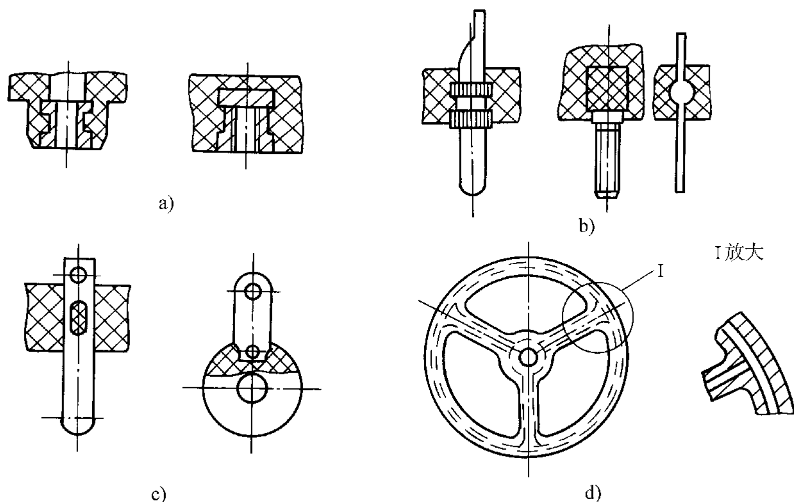


图 2-50　常见的各种金属嵌件
a）圆筒形嵌件　b）突出圆柱形嵌件　c）片状嵌件　d）细杆状贯穿嵌件

图 2-50a 为圆筒形嵌件，有通孔和不通孔的、光孔和螺纹孔的。带螺纹孔的嵌件是最常见的，它用于经常拆卸或受力较大的场合或导电部位的螺纹连接。

图 2-50b 为突出圆柱形嵌件，有光杆、丝杆、阶梯杆和针状的。

图 2-50c 为片状嵌件，常用做塑件内的导体、焊片等。

图 2-50d 为细杆状贯穿嵌件，汽车转向盘即为特殊的例子。

其他特种用途的嵌件，式样很多，如冲制的薄壁嵌件、薄壁管状嵌件等。非金属嵌件如图 2-51 所示，它是用黑色 ABS 塑料作嵌件的改性有机玻璃仪表壳。

嵌件设计时要注意以下几点：

1）由于成型过程中嵌件的尺寸变化与周围的聚合物收缩值相差很大，易产生应力致使塑件开裂，所以嵌件周围的塑料层不能太薄，最小厚度与聚合物种类、嵌件的大小以及二者热膨胀系数等有关。表 2-10 列出了软性塑料嵌件周围塑料层许用的最小厚度。

2）嵌件的材料与周围的聚合物热膨胀系数应尽可能接近，避免因二者收缩率不同而产生较大的应力，致使塑件开裂。

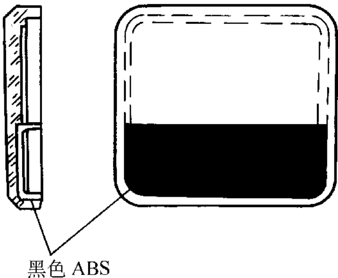


图 2-51　以黑色 ABS 塑料作嵌件的透明仪表壳

表 2-10　嵌件周围塑料层许用的最小厚度　（单位：mm）

嵌件直径 d	≤4	>4～8	>8～12	>12～16	>16～25
周围塑料层最小厚度 c	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0
顶部塑料层最小厚度 h	0.8	1.5	2.0	2.5	3.0

3）嵌件不应带有尖角，避免由此产生的应力集中。

4）防止嵌件在成型时受物料熔体流动压力（或者充模冲力）作用产生变形或位移，嵌件应尽量与料流方向一致，并且要在模具中牢固地定位。例如，图 2-52a、b、c 所示的螺纹嵌件是利用其凸肩定位的几种形式，当与模具上定位孔压紧后，不仅能牢固定位，并且可防止熔体流入螺纹。图 2-53 所示为管套形嵌件定位的几种例子。

图 2-54 所示为支柱对细长薄片嵌件的支撑，支柱留在塑件上的孔要不影响塑件的使用性能和外观。对于薄片嵌件则可在熔体流动方向上钻孔以改善受力状态。

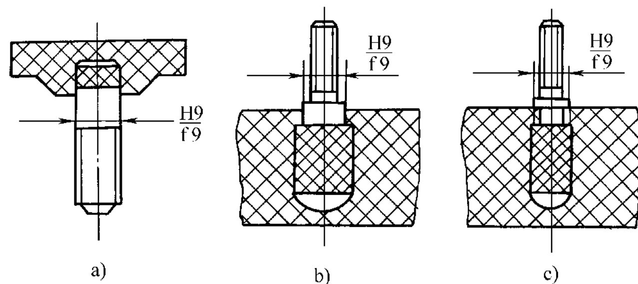


图 2-52 圆柱形嵌件的定位结构

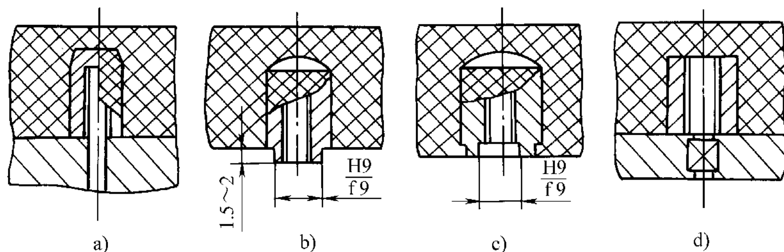


图 2-53 管套形嵌件的定位结构

a）定位杆 b）外侧台阶 c）内侧台阶 d）螺纹杆

5）嵌件埋入塑件中的深度视具体情况而定，如图 2-55 所示。图 2-55a 所示为将嵌件深埋以使其牢固；图 2-55b 所示结构可防止模具闭合时嵌件损坏。

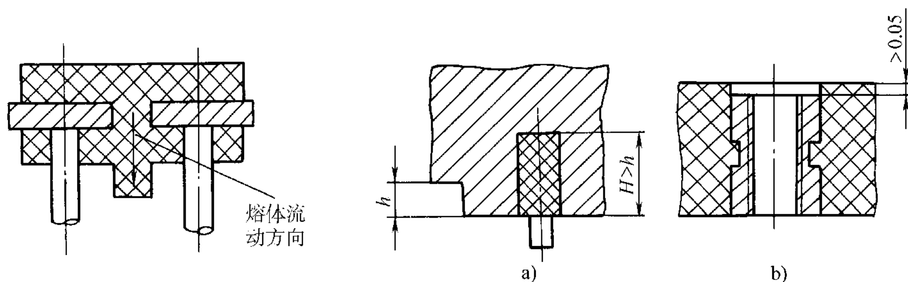


图 2-54 细长薄片嵌件的支撑

图 2-55 嵌件在塑件中的深度

a）嵌件深埋 b）防止嵌件损坏

6）为防止圆柱形或管套形嵌件在塑件中转动或脱落，直纹滚花嵌件应在中间开槽，采用如图 2-56 所示结构。图中 $h = d_2$，$h_1 = 0.3h$，$h_2 = 0.3h$，$d_1 = 0.75d_2$。特殊情况下，可使 $h > d_2$，但最大不能超过 $2d_2$。

8. 凹凸纹（滚花）

为使操作方便，或者出于装饰性美观的考虑，各种旋钮、手柄、调制手轮等

塑件常带一些凸凹纹，如图 2-57a、b、c 所示。凸凹纹的设置应尽量使它们的方向与脱模方向一致，以便于模具的设计和制造，不必采用瓣合式或侧向分型抽芯机构。此外，条纹间距尽量大，便于模具制造。

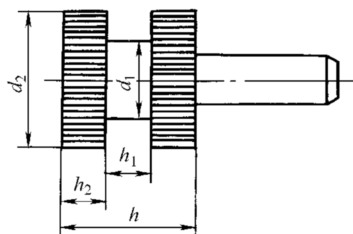


图 2-56　圆柱形嵌件的结构尺寸

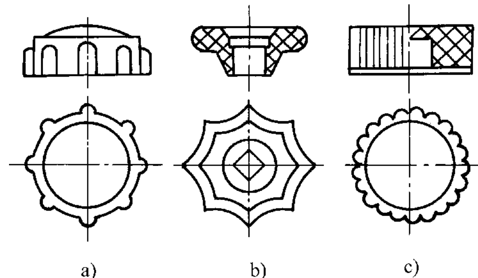


图 2-57　塑料制件的凸凹纹

凸凹纹截面形状多为半圆形，少数采用平顶的梯形，如图 2-58 所示。为了不削弱模具分型面的强度，以及便于修整制件飞边，设计凸凹纹时需要留出图 2-59 所示的 0. 8mm 宽的平直部分。

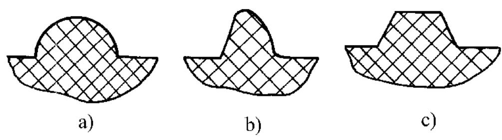


图 2-58　凸凹纹截面形状

a）半圆形　b）三角形　c）梯形

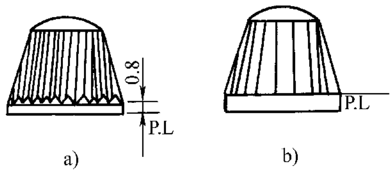


图 2-59　旋钮凸凹纹设计

a）正确　b）不正确

注：P. L 为分型面代号。

表 2-11 和表 2-12 是凸凹纹各部设计的推荐尺寸。

表 2-11　较细的凸凹纹相关尺寸　（单位：mm）

塑料制件的直径 D	凸凹纹的距离	
	齿　距　S	半　径　R
≤18	1.2～1.5	0.2～0.3
>18～50	1.5～2.5	0.3～0.5
>50～80	2.5～3.5	0.5～0.7
>80～120	3.5～4.5	0.7～1

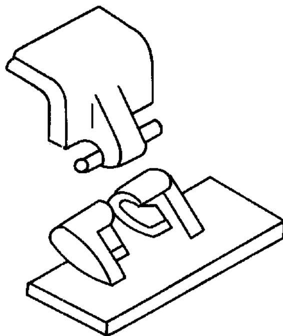
表 2-12 较粗的凸凹纹相关尺寸 （单位：mm）

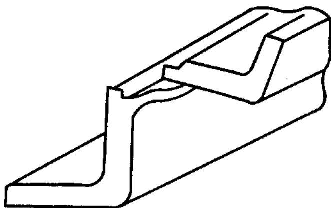
制件的直径 D	凸凹纹的距离		
	半 径 R	齿 距 S	高 度 h
≤18	0.3～1	$4R$	$0.8R$
＞18～50	0.5～4		
＞50～80	1～5		
＞80～120	2～6		

9. 铰链

利用塑料的良好弹性、柔软可塑性或优良抗弯折疲劳特性，可设计出轻巧实用的塑料连接件，在电子、仪表、日常用品和玩具等产品中得到广泛应用。其中铰链与搭扣是最常用的两种连接方式。

铰链的结构有多种形式。图 2-60 为组合式铰链，组装时将垂片加热扳弯，把销固定其中。图 2-61 为整体式铰链，一般由注塑成型一次得到。


图 2-60 组合式铰链


图 2-61 整体式铰链

注塑成型得到的整体式铰链具有较高的弯曲寿命，但耐横向撕裂能力较强。注塑成型利用塑料熔体在铰链部位沿弯曲方向的分子定向，使铰链的抗弯折疲劳性能增强，弯曲使用寿命可达到数十万次。

整体式铰链的结构尺寸对能否产生分子定向十分重要。图 2-62 为常见尺

寸，带铰链的塑件从模具中取出后，立即趁热将铰链弯折若干次，弯折角为 90°～180°。

聚丙烯、尼龙、聚乙烯最常用于生产含有铰链结构的塑件。

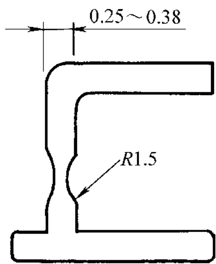


图 2-62　整体式铰链的结构尺寸

10. 文字、标记符号及表面装饰花纹

塑件的凸起或凹入的标记，如图 2-63a、b 所示，其成型的模具是有一定的差别的。图 2-63a 为阳文，其模具为阴形，便于制造，但标记本身易磨损；图 2-63b 为阴文，其模具应为向外凸起的阳文，不易制造，标记的本身却难以损坏。较为理想的方式是：将凸起的标记刻制成镶块，嵌入模具，成型出如图 2-63c 所示的结构形状。这样既能避免模具制造困难，又使标记不容易磨损。文字、符号的尺寸参数见表 2-13。

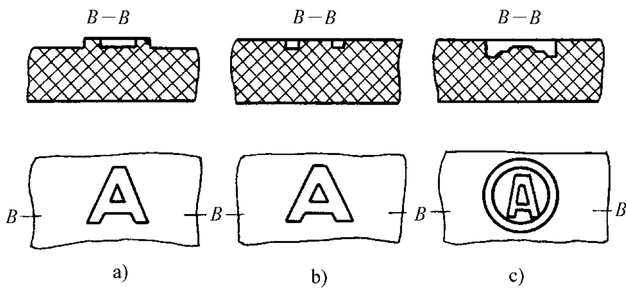


图 2-63　制件上标记和符号的设计
a）凹的文字　b）凸的文字　c）镶入的文字

透明制件上有凹入的文字时，塑料熔体流经模具上相应的凸出文字后会产生影响制件外观的熔接痕，如图 2-64 所示。消除措施是控制文字的深度，即

字深∶制件壁厚＝1∶3

表 2-13　文字、符号的尺寸参数

凸字高度	小字 0.2～0.4mm 大字 0.4～0.8mm	凹字深度	0.4mm
线条宽度	0.8mm	线条间距	0.4mm
脱模斜度	>10°	边框高度	字高＋0.3mm

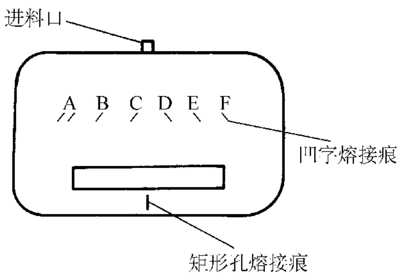


图 2-64　凹字形成的熔接痕

为了改善制件表面质量，使制件外形美观，常对制件表面加以装饰。例如，在轿车内的装饰面板表面上做出凹槽纹、皮革纹、桔皮纹、木纹等装饰花纹，可遮掩成型过程中在制件表面上形成的疵点、波纹等缺陷；在手柄、旋钮等制件表面设置花纹，便于使用中增大摩擦力。

花纹不得影响制件脱模，如图 2-65 所示。图 2-65a 为菱形花纹，会影响制件脱模；图 2-65b 为穿通式花纹，去除飞边费事；图 2-65c 为最常用的花纹形式。

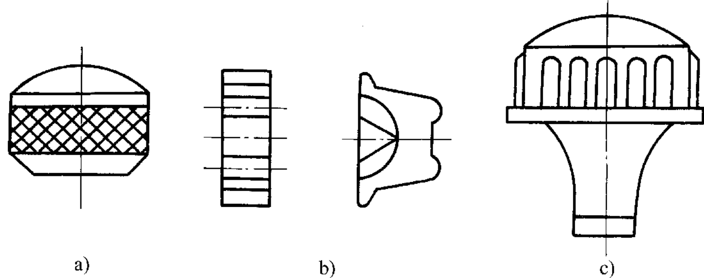


图 2-65　塑件上的花纹

花纹的纹路应顺着脱模方向，并且沿脱模方向应有斜度。条纹高度不小于 0. 3 ~ 0. 5mm，高度不超过其宽度。花纹不得太细，否则难以加工。

11. 飞边

塑件的形状决定模具的分型面，而飞边即指在分型面上及模具内活动成型零件的间隙中溢出的多余塑料。此飞边的存在除直接影响塑件的尺寸精度外，当去除飞边后也难免使塑件表面质量有所降低，故飞边位置的选择也就显得很重要。通常，既应考虑飞边易于去除，又要考虑飞边位置勿露于塑件表面，以避免飞边痕迹损坏塑件外观质量。

注塑成型时，一般塑件上产生较小的飞边。

12. 举例比较

上面简单介绍了塑件结构设计的基本知识。设计模具时，要根据塑件使用要求，进行具体分析运用。表 2-14 为某些塑件工艺性能比较示例。

表 2-14　塑件工艺性能比较

不合理	合理	备注
熔接痕 a b 浇口	熔接痕 a b 浇口	对于平底形制件，采用侧浇口进料时，为了避免平面上留有熔接痕，必须保证平面进料通畅，故 $a > b$

（续）

不　合　理	合　　理	备　　注
气泡		左图壁厚不均匀，容易产生气泡及造成制件变形 右图壁厚均匀，改善了注射工艺条件，提高了质量
		同上
		同上
		同上
		同上
		同上
		薄壁制件，可做成右图所示的曲面形或球面，这样既增加了制件美观度，又提高了强度，并且减小了变形

（续）

不 合 理	合 理	备 注
A A A—A	B B B—B	支承架制件，若按左图结构，塑料用量大，塑料在型腔内流动也较困难，型腔较深模具抽芯时也较困难。右图结构可以避免上述缺点
A A A—A	B B C C B—B C—C	左图结构中间断面太厚，容易产生缩孔等缺陷，改为右图结构较合理
	加强肋	由于制件形状复杂，制件脱模后会产生收缩变形。右图改用加强肋就能大大改善变形的情形
		左图支架制件，基面由于壁厚不均匀，易引起变形，影响基准。改为右图结构可改善变形情况
		右图结构可以避免侧抽芯，使模具结构简化

2.3 塑件的尺寸精度及表面质量

塑件尺寸的大小受到塑料材料流动性好坏的制约。塑件尺寸越大，要求材料的流动性越好。流动性差的材料在模具型腔未充满前就已经固化或熔接不牢，导致制件缺陷和强度下降。

由于材料和加工方法的差异，塑料制件的尺寸精度与金属制件有一定的区

别。因此，选择塑料制件的尺寸精度时，不能盲目套用金属件的精度等级表和公差表。

2.3.1　塑件的尺寸精度

塑件的尺寸精度是决定塑件制造质量的首要标准。然而，在满足塑件使用要求的前提下，设计时总是尽量将其尺寸精度放得低一些，以便降低模具的加工难度和制造成本。在我国，最初被公认并广泛采用的塑件的尺寸公差标准是由原第四机械工业部制定的，见表 2-15。该标准规定了 8 个精度等级，其中 1 和 2 两级属于精度技术级，只在特殊要求下使用。每种塑件可选用其中 3 个等级，即高精度、一般精度和低精度。

表 2-15　塑料制件尺寸公差　（单位：mm）

公称尺寸	精度等级							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	公差数值							
≤3	0.04	0.06	0.08	0.12	0.16	0.24	0.32	0.48
>3～6	0.05	0.07	0.08	0.14	0.18	0.28	0.36	0.56
>6～10	0.06	0.08	0.10	0.16	0.20	0.32	0.40	0.64
>10～14	0.07	0.09	0.12	0.18	0.22	0.36	0.44	0.72
>14～18	0.08	0.10	0.12	0.20	0.26	0.40	0.48	0.80
>18～24	0.09	0.11	0.14	0.22	0.28	0.44	0.56	0.88
>24～30	0.10	0.12	0.16	0.24	0.32	0.48	0.64	0.96
>30～40	0.11	0.13	0.18	0.26	0.36	0.52	0.72	1.00
>40～50	0.12	0.14	0.20	0.28	0.40	0.56	0.80	1.20
>50～65	0.13	0.16	0.22	0.32	0.46	0.64	0.92	1.40
>65～80	0.14	0.19	0.26	0.38	0.52	0.76	1.00	1.60
>80～100	0.16	0.22	0.30	0.44	0.60	0.88	1.20	1.80
>100～120	0.18	0.25	0.34	0.50	0.68	1.00	1.40	2.00
>120～140		0.28	0.38	0.56	0.76	1.10	1.50	2.20
>140～160		0.31	0.42	0.62	0.84	1.20	1.70	2.40
>160～180		0.34	0.46	0.68	0.92	1.40	1.80	2.70
>180～200		0.37	0.50	0.74	1.00	1.50	2.00	3.00
>200～225		0.41	0.56	0.82	1.10	1.60	2.20	3.30
>225～250		0.45	0.62	0.90	1.20	1.80	2.40	3.60
>250～280		0.50	0.68	1.00	1.30	2.00	2.60	4.00
>280～315		0.55	0.74	1.10	1.40	2.20	2.80	4.40
>315～355		0.60	0.82	1.20	1.60	2.40	3.20	4.80
>355～400		0.65	0.90	1.30	1.80	2.60	3.60	5.20
>400～450		0.70	1.00	1.40	2.00	2.80	4.00	5.60
>450～500		0.80	1.10	1.60	2.20	3.20	4.40	6.40

注：1. 表中公差数值用于基准孔取正（+）号，用于基准轴取负（-）号。表中公差数值用于非配合孔取正（+）号，用于非配合轴取负（-）号，用于非配合长度取正负（±）号。

2. 表中规定的数值以塑件成型后或经必要的后处理后，在相对湿度为 65%、温度为 20°C 环境放置 24h 后，以塑件和量具温度为 20°C 时进行测量为准。

表 2-15 中只列出公差值，而具体的上、下偏差可根据塑件的配合性质进行分配。对于受模具活动部分影响甚大的尺寸，如注塑件的高度尺寸，受水平分型面溢边厚薄影响，其公差值取表中值再加上附加值。2 级精度的附加值为 0.05mm，3～5 级精度的附加值为 0.1mm，6～8 级精度的附加值为 0.2mm。

此外，对于塑件图上无公差要求的自由尺寸，建议采用标准中的 8 级精度。

由于塑料收缩偏差的存在，提高塑件公差，必然使塑件的废品率增加，成本提高。一般较小尺寸易达到高精度。

对塑件的精度要求，要具体分析，根据装配情况来确定尺寸公差。一般配合部分尺寸精度高于非配合部分尺寸精度。产品质量第一，但不是所有零件或塑件上所有部位的尺寸精度愈高愈好。对于塑件，当材料和工艺条件一定的情况下，很大程度上取决于模具的制造公差。而精度愈高，模具制造工序就愈多，加工时间愈长，从而模具的制造成本增高。表 2-16 是通常选用精度等级的参考值。

表 2-16　精度等级的选用

类别	塑料品种	建议采用的精度等级		
		高精度	一般精度	低精度
1	聚苯乙烯 苯乙烯-丁二烯-丙烯腈共聚体(ABS) 聚甲基丙烯酸甲酯 聚碳酸酯 聚砜 聚苯醚 酚醛塑料 氨基塑料 30%玻璃纤维增强塑料	3	4	5
2	聚酰胺 6、66、610、9、10、10 氯化聚醚 聚氯乙烯(硬)	4	5	6
3	聚甲醛 聚丙烯 聚乙烯(高密度)	5	6	7
4	聚氯乙烯(软) 聚乙烯(低密度)	6	7	8

注：1. 其他材料可按加工尺寸稳定性，参照上表选择精度等级。

2. 1、2 级精度为精密技术级，只有在特殊条件下采用。

3. 选用精度等级时，应考虑脱模斜度对尺寸公差的影响。

目前，国际上尚无统一的塑料制件尺寸公差标准，但各国有自行制定的公差标准，如德国的标准为 DIN 16901，瑞士的标准为 VSM 77012。表 2-17 和表 2-18 所示为我国颁布的 SJ/T 10628—1995 公差标准，可作为选用塑件精度等级和公差的主要依据。

表 2-17　不受模具活动部分影响的尺寸公差　（单位：mm）

基本尺寸	精度等级						
	1	2	3	4	5	6	7
≤3	0.07	0.10	0.13	0.16	0.22	0.28	0.38
>3～6	0.08	0.12	0.15	0.20	0.26	0.34	0.48
>6～13	0.10	0.14	0.18	0.23	0.30	0.40	0.58
>13～14	0.11	0.16	0.20	0.27	0.34	0.48	0.68
>14～18	0.12	0.18	0.22	0.31	0.38	0.54	0.78
>18～24	0.13	0.22	0.24	0.34	0.42	0.60	0.88
>24～30	0.14	0.24	0.26	0.38	0.48	0.72	1.08
>30～40	0.16	0.25	0.30	0.42	0.56	0.80	1.014
>40～50	0.18	0.26	0.34	0.48	0.64	0.94	1.32
>50～65	0.20	0.30	0.36	0.54	0.74	1.10	1.54
>65～80	0.23	0.34	0.44	0.62	0.86	1.28	1.80
>80～100	0.26	0.36	0.50	0.72	1.00	1.48	2.10
>100～120	0.29	0.42	0.58	0.82	1.16	1.72	2.40
>120～140	0.32	0.46	0.64	0.92	1.30	1.96	2.80
>140～160	0.36	0.50	0.72	1.04	1.46	2.20	3.10
>160～180	0.40	0.54	0.78	1.14	1.60	2.40	3.40
>180～200	0.44	0.60	0.84	1.24	1.80	2.60	3.70
>200～220	0.48	0.66	0.92	1.36	2.00	2.94	4.10
>220～250	0.52	0.72	1.00	1.48	2.10	3.20	4.50
>250～280	0.56	0.78	1.10	1.60	2.30	3.50	4.90
>280～315	0.60	0.84	1.20	1.80	2.60	3.80	5.40
>315～355	0.66	0.92	1.30	2.00	2.80	4.30	6.00
>355～400	0.72	1.00	1.44	2.20	3.10	4.76	6.70
>400～450	0.78	1.13	1.60	2.40	3.50	5.30	7.40
>450～500	0.86	1.20	1.74	2.60	3.90	5.80	8.20

表 2-18　受模具活动部分影响的尺寸公差　（单位：mm）

基本尺寸	精度等级						
	1	2	3	4	5	6	7
≤3	0.14	0.20	0.33	0.36	0.42	0.40	0.58
>3～6	0.16	0.22	0.35	0.40	0.46	0.54	0.68
>6～10	0.20	0.24	0.38	0.43	0.50	0.60	0.78
>10～14	0.21	0.26	0.40	0.47	0.54	0.68	0.88

（续）

基本尺寸	精度等级						
	1	2	3	4	5	6	7
>14~18	0.22	0.28	0.42	0.44	0.58	0.74	0.98
>18~24	0.23	0.30	0.44	0.50	0.62	0.80	1.08
>24~30	0.24	0.32	0.46	0.58	0.68	0.90	1.20
>30~40	0.26	0.34	0.50	0.62	0.76	1.00	1.34
>40~50	0.28	0.36	0.54	0.68	0.84	1.14	1.52
>50~65	0.30	0.40	0.58	0.74	0.94	1.30	1.74
>65~80	0.33	0.44	0.64	0.82	1.06	1.48	2.00
>80~100	0.36	0.48	0.70	0.92	1.20	1.68	2.30
>100~120	0.39	0.52	0.78	1.02	1.36	1.92	2.60
>120~140	0.42	0.56	0.84	1.12	1.50	2.16	3.00
>140~160	0.46	0.60	0.92	1.34	1.66	2.40	3.30
>160~180	0.50	0.64	0.98	1.34	1.80	2.60	3.60
>180~200	0.54	0.70	1.04	1.44	2.00	2.80	3.90
>200~225	0.58	0.76	1.12	1.56	2.20	3.14	4.30
>225~250	0.62	0.82	1.20	1.68	2.30	3.40	4.70
>250~280	0.66	0.88	1.30	1.80	2.50	3.70	5.10
>280~315	0.70	0.94	1.40	2.20	2.80	4.00	5.60
>315~355	0.76	1.02	1.50	2.80	3.00	4.50	6.20
>355~400	0.82	1.10	1.64	2.40	3.30	4.90	6.90
>400~450	0.88	1.20	1.80	2.60	3.70	5.50	7.60
>450~500	0.96	1.30	1.94	2.80	4.10	6.00	8.40

精密塑件公差数值，有资料建议应是基本尺寸的0.1%～0.5%。虽然目前尚未制订标准，但可从日刊文献中得以佐证，大致与表2-17所列1级精度相当。表2-19列出了该文献提供的数据。

表2-19　精密塑件公差　（单位：mm）

基本尺寸	聚碳酸酯、ABS等		聚酰胺、聚缩醛	
	最小限度	实用限度	最小限度	实用限度
≤0.5	0.003	0.008	0.005	0.01
>0.5~1.3	0.005	0.01	0.008	0.025
>1.3~2.5	0.008	0.02	0.012	0.04
>2.5~7.5	0.01	0.03	0.02	0.06
>7.5~12.5	0.015	0.04	0.03	0.06
>12.5~25.0	0.022	0.06	0.04	0.10
>25.0~50.0	0.03	0.08	0.05	0.15
>50.0~75.0	0.04	0.10	0.06	0.20
>75.0~100.0	0.05	0.15	0.08	0.25

2.3.2　尺寸精度的组成及影响因素

制件尺寸误差构成为

$$\delta = \delta_s + \delta_z + \delta_c + \delta_a \tag{2-1}$$

式中　δ——制件总的成型误差；

δ_s——塑料收缩率波动所引起的制件误差；

δ_z——模具成型零件制造精度所引起的制件误差；

δ_c——模具磨损后所引起的制件误差；

δ_a——模具安装、配合间隙所引起的制件误差。

一般有

$$\delta_s = \frac{1}{3}\delta,\ \delta_z = \frac{1}{3}\delta,\ \delta_c = \frac{1}{6}\delta \tag{2-2}$$

影响塑料制件尺寸精度的因素是比较复杂的，归纳起来有以下三个方面：

（1）模具　模具各部分的制造精度是影响制件尺寸精度最重要的因素。此外，长期使用后的模具往往由于成型压力（如注射压力、锁模力等）等原因而产生变形或松动，也是造成制件误差的原因之一。

模具的结构也会影响塑件的尺寸精度。塑件上一些尺寸可以由模具尺寸直接控制，不受模具活动部分影响，如注塑制件的横向尺寸等；而另一些尺寸不能由模具尺寸直接决定，要受到模具活动部分的影响，如位于开模方向横跨模具分型面的尺寸、侧孔尺寸等。

（2）塑料材料　不同的塑料材料有其固有的标准收缩率，收缩率小的材料（如聚碳酸酯），产品的尺寸误差就很小，容易保证尺寸精度。同一种材料，生产批号不同，收缩率也会出现误差，影响产品的尺寸精度。

（3）成型工艺　成型工艺条件（如温度、压力、时间、速度等）的变化直接造成材料的收缩，最终影响塑件尺寸精度。

鉴于以上的原因，应该合理地确定塑件的尺寸精度，尽可能选用较低的精度等级。区别对待塑件上不同部位的尺寸，对于塑件图上无公差要求的自由尺寸，建议采用标准中的 7 级精度等级。

模具的加工表面质量是影响塑件表面质量的主要因素。一般模具的成型表面质量比塑件的表面质量高 1 ~ 2 个等级，透明塑件要求型芯和型腔的加工表面质量相同。但是，成型工艺条件有时也会对塑件表面质量产生影响，例如，成型树脂的温度太低，可能使塑料熔体流动时产生振纹和流动纹，最终导致塑件表面出现疵斑。因此，在实际操作时，也可通过调整树脂的温度和模具温度来提高塑件表面质量。

2.3.3　塑件的表面质量

表面质量是一个相当大的概念，包括微观的几何形状和表面层的物理-力学

性质两方面技术指标，而不是单纯的表面粗糙度问题。塑件表面层的相变、残余应力都属于物理-力学性质范畴的指标。然而，一方面因为我国尚无统一的塑件表面质量的标准，另一方面塑件因其原材料、成型工艺和模具等因素的影响，故有的资料建议用表面粗糙度和表观缺陷两个指标来评定塑件的表面质量。

一般来说，原材料的质量、成型工艺（各种参数的设定、控制等人为因素）和模具的表面粗糙度等都会影响到塑件的表面粗糙度，而尤其以型腔壁上的表面粗糙度影响最大。因此，模具的腔壁表面粗糙度实际上成为塑件表面粗糙度的决定性因素，通常要求比塑件高出一个等级。例如，塑件的表面粗糙度 Ra 为 0.02 ~1.25μm，则模具腔壁的表面粗糙度 Ra 应为 0.01 ~0.63μm。对于透明塑件，特别是光学元件，与模具腔壁的要求应相一致。例如，塑件表面粗糙度 Ra 为 0.005μm，腔壁表面粗糙度 Ra 只能为极限值 0.005μm 了。这么低的表面粗糙度值其获得是很不容易的，其中还需要精湛的手工技艺。表 2-20 列出了模具表面粗糙度对注塑件表面粗糙度的影响情况。

表 2-20　模具表面粗糙度对注塑件表面粗糙度的影响

注塑模工作表面			注射塑件表面粗糙度 Ra/μm				
加工方法	纹路方向	表面粗糙度 Ra/mm	苯乙烯聚合物	丁二烯聚合物	低密度聚乙烯	高密度聚乙烯	聚丙烯
精磨	顺纹路	0.12	0.024	0.13	0.18	0.25	0.20
	垂直纹路	0.21	0.05	0.17	0.22	0.26	0.26
抛光	顺纹路	0.18	0.02	0.29	0.28	0.20	0.26
	垂直纹路	0.46	0.26	0.36	0.34	0.26	0.55
铣	顺纹路	Rz3.4	1.2	1.6	0.4	0.72	1.9
	垂直纹路	Rz4.6	Rz3.7	1.9	Rz4.1	Rz3.0	Rz3.5
刨	顺纹路	Rz4.2	1.5	0.85	1.1	1.6	1.35
	垂直纹路	Rz8.0	Rz6.2	Rz7.2	Rz5.0	Rz7.4	Rz7.4

注：表中 Rz 为 10 点断面不平整高度的平均算术绝对偏差的总值。

塑件的表观缺陷是其特有的质量指标，包括缺料、溢料与飞边、凹陷与缩瘪、气孔、翘曲、熔接痕、变色、银（斑）纹、粘模、脆裂、降解等。

第 3 章 注塑成型工艺

我国的塑料工业近几十年来得到迅猛发展，取得了举世瞩目的成就。据统计，2013 年我国塑料制品产量已突破 6200 万 t，成为世界上最大的塑料制品生产和消费国家。

注塑成型也称注射成型，可用来生产空间几何形状非常复杂的塑料制件。由于它具有应用面广、成型周期短、生产效率高、模具工作条件可以得到改善、制件精度高、生产条件较好、生产操作容易实现机械化和自动化等诸多优点，因此在整个塑料制件生产行业中，占有非常重要的地位。目前，除了少数几种塑料外，几乎所有的塑料都可采用注塑成型。据统计，注塑制件约占所有塑料制件总产量的 30%，全世界每年生产的注塑模数量约占所有塑料成型模具数量的 50%。

早期的注塑成型方法主要用于生产热塑性塑料制件。随着塑料工业的发展及塑料制件应用范围的不断扩大，目前注塑成型方法已推广应用到热固性塑料制件和一些塑料复合材料制件的生产中。例如，日本的酚醛制件，过去基本上都采用压缩和压注方法成型，但现在已有 70% 被注塑成型所替代。注塑成型方法不仅用于通用塑料制件的生产，而且就工程塑料而言，也是一种十分重要的成型方法。据统计，目前工程塑料制件中，80% 以上都采用注塑成型方法生产。

3.1 注塑成型工艺过程

注塑成型是利用塑料的可挤压性与可模塑性，首先将松散的粒状或粉状成型物料从注塑机的料斗送入高温的机筒内加热熔融塑化，使之成为黏流状态熔体，然后在柱塞或螺杆的高压推动下，以很大的流速通过机筒前端的喷嘴注射进入温度较低的闭合模具中，经过一段保压冷却定型时间后，开启模具便可从型腔中脱出具有一定形状和尺寸的塑料制件。其生产工艺过程如图 3-1 和图 3-2 所示。

1. 成型前的准备

为了使注塑成型生产顺利进行，确保制件质量，成型前应对塑料原料的外观色泽、颗粒情况、有无杂质等进行检验，并测试其热稳定性、流动性和收缩率等指标。如不满足要求，应及时采取措施解决。对于吸湿性或亲水性强的塑料，如聚酰胺（尼龙）、聚碳酸酯、ABS 等，应根据注塑成型工艺允许的含水量进行适当的预热干燥，以避免制件表面出现银纹、斑纹和气泡等缺陷。部分塑料成型前允许的含水量见表 3-1。

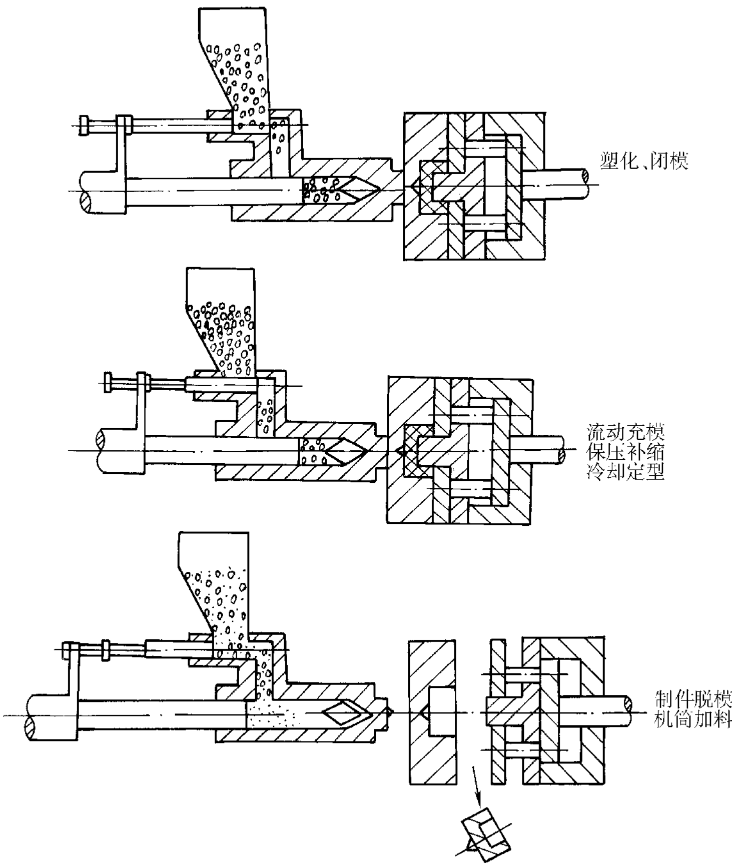


图 3-1　注塑成型工艺过程

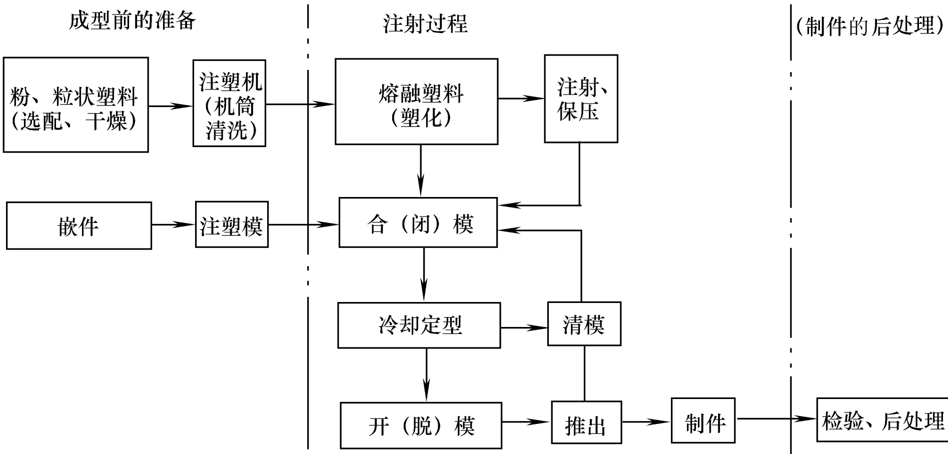


图 3-2　注塑成型工艺过程循环图

表 3-1　部分塑料成型前允许的含水量

塑　　料		允许含水量（质量分数,%）	塑　　料	允许含水量（质量分数,%）
聚酰胺	PA6	0.10	聚碳酸酯	0.01～0.02
	PA66	0.10	聚苯醚	0.10
	PA9	0.05	聚砜	0.05
	PA11	0.10	ABS（电镀级）	0.05
	PA610	0.05	ABS（通用级）	0.10
	PA1010	0.05	纤维素塑料	0.20～0.50
聚甲基丙烯酸甲酯		0.05	聚苯乙烯	0.10
聚对苯二甲酸乙二醇酯		0.05～0.10	高冲击强度聚苯乙烯	0.10
聚对苯二甲酸丁二醇酯		0.01	聚乙烯	0.05
硬聚氯乙烯		0.08～0.10	聚丙烯	0.05
软聚氯乙烯		0.08～0.10	聚四氟乙烯	0.05

生产中如需改变塑料品种、更换塑料、调换颜色，或发现成型过程中出现了热分解或降解反应，均应对注塑机的机筒进行清洗或拆换。对于有金属嵌件的塑料制件，由于金属与塑料两者收缩率不同，嵌件周围的塑料容易出现收缩应力和裂纹。为了防止这种现象，成型前可对嵌件预热，以减小成型时与塑料熔体的温差，以避免或抑制嵌件周围的塑料产生收缩应力和裂纹。若塑料分子链柔顺性大，且嵌件较小时，可以不预热。为了使塑料制件易于从型腔内脱出，有的注塑模还需涂上脱模剂。常用的脱模剂有硬脂酸锌、液体石蜡和硅油等。除了硬脂酸锌不能用于聚酰胺之外，上述三种脱模剂对于一般塑料均可使用，其中尤以硅油脱模效果最好，只要对模具施用一次，即可长效脱模，但价格很高。硬脂酸锌多用于高温模具，而液体石蜡多用于中低温模具。

2. 注塑过程

塑料在机筒内经加热达到流动状态后，进入型腔内的流动可分为充模、压实、倒流和冷却四个阶段。在连续的四个阶段中，熔体温度将不断下降，而压力则按图 3-3 所示的曲线变化。图中 t_0 代表螺杆或柱塞开始注射熔体的时刻。由图可见，当型腔充满熔体（$t=t_1$）时，熔体压力迅速上升，达到最大值 p_0。从 t_1 到

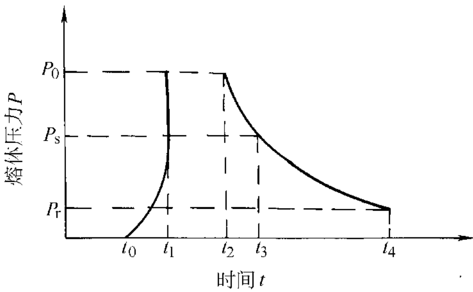


图 3-3　注塑成型周期中塑料压力-时间曲线

t_2，塑料仍处于螺杆（或柱塞）的压力下，熔体会继续流入型腔内以弥补因冷却收缩而产生的空隙。由于塑料仍在流动，而温度又在不断下降，定向分子（分子链的一端在型腔壁固化，另一端沿流动方向排列）容易被凝结，所以这一阶段是大分子定向形成的主要阶段。这一阶段的时间越长，分子定向的程度越高。从螺杆开始后退到结束（从 t_2 到 t_3），由于型腔内的压力比流道内高，会发生熔体倒流，从而使型腔内的压力迅速下降。倒流一直进行到浇口处熔体凝结时为止。

若螺杆后退一开始浇口处熔体就已凝结，或注射机喷嘴中装有止回阀，则倒流阶段就不复存在，也就不会出现 t_2 到 t_3 段压力迅速下降的情况。塑料凝结时的压力和温度是决定塑料制件平均收缩率的重要因素，而压实阶段的时间又直接影响着这些因素。从浇口处的塑料完全凝结到顶出制件（从 t_3 到 t_4），为凝结后的制件冷却阶段，这一阶段的冷却情况对制件的脱模、表面质量和挠曲变形有很大影响。

3. 制件后处理

由于成型过程中塑料熔体在温度和压力作用下的变形流动行为非常复杂，再加上流动前塑化不均以及充模后冷却速度不同，制件内经常出现不均匀的结晶、取向和收缩，导致制件内产生相应的结晶、取向和收缩应力，脱模后除引起时效变形外，还会使制件的力学性能、光学性能及表观质量变坏，严重时还会开裂。为了解决这些问题，对制件进行适当的后处理。常用的后处理方法有退火和调湿两种。

退火是为了消除或降低制件成型后的残余应力。对于结晶型塑料制件，利用退火能对它们的结晶度大小进行调整，或加速二次结晶和后结晶的过程。此外，退火还可以对制件解除取向，并降低制件硬度和提高韧性。生产中的退火温度一般都在制件的使用温度以上 10～20℃至热变形温度以下 10～20℃之间进行选择和控制。保温时间与塑料品种和制件厚度有关，如无数据资料，也可按 1mm 厚度约需 0. 5h 的原则估算。退火冷却时，冷却速度不宜过快，否则还有可能重新产生温度应力。

调湿处理是一种调整制件含水量的后处理工序，主要用于吸湿性很强，且又容易氧化的聚酰胺等塑料制件。调湿处理所用的加热介质一般为沸水或醋酸钾溶液（沸点为 121℃），加热温度为 100～121℃，保温时间与制件厚度有关，通常约取 2～9h。

表 3-2 列出了部分热塑性塑料后处理工艺条件。但应指出，并非所有塑料制件都要进行后处理，通常，只用于带有金属嵌件、使用温度变化较大、尺寸精度要求高和壁厚大的制件。

表 3-2　部分热塑性塑料的后处理工艺条件

塑　料	加热温度/℃	保温时间/h
ABS	70	2~4
聚酰胺 1010	90~100	4~10
增强聚酰胺 66	100~110	4~10
聚甲基丙烯酸甲酯	70	4~6
聚碳酸酯	100~130	2~8（或 1~2h/mm）
聚甲醛	90~145	4
聚苯醚	150	4
聚苯乙烯	70	2~4
聚酰亚胺	150	4
增强聚对苯二甲酸乙二醇酯	130~140	0.33~0.5
聚砜	110~130	2~8（空气）
	160~165	2~4（空气），1~5min（甘油）

3.2　注塑成型工艺条件

注塑成型具有三大工艺条件，即温度、压力和时间，此外，还有用料量与合模力等条件。

3.2.1　温度

注塑成型过程中需要控制的温度有机筒温度、喷嘴温度和模具温度等。塑化物料的温度（塑化温度）和从喷嘴注射出来的熔体温度（注射温度）主要取决于机筒和喷嘴两部分的温度。热塑性塑料在受热时的变化曲线如图 3-4 所示，图中 A、B、C、D 四区分别对应于塑料的玻璃态、高弹性态、可塑态和分解态，机筒温度应参照 C 区的流动温度 t_b 和分解温度 t_c 来确定。喷嘴温度通常略低于机筒的最高温度，以防止熔料在直通式喷嘴口发生流延现象。模具温度一般通过冷却系统来控制。各种塑料适用的机筒和喷嘴温度范围见表 3-3。各种塑料的注射温度与模具温度见表 3-4。为了保证制件有较高的形状和尺寸精度，应避免制件脱模后发生较大的翘曲变形，模具温度必须低于塑料的热变形温度，见表 3-5。

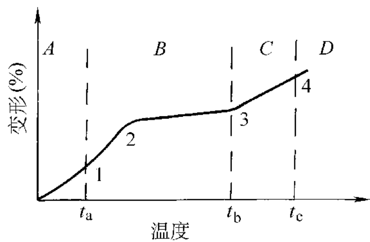


图 3-4　恒压下热塑性塑料的温度-变形曲线

表 3-3 部分塑料适用的机筒和喷嘴温度 （单位：℃）

塑料	机筒温度			喷嘴温度
	后段	中段	前段	
PE	160～170	180～190	200～220	220～240
HDPE	200～220	220～240	240～280	240～280
PP	150～210	170～230	190～250	240～250
PS ABS SAN	150～180	180～230	210～240	220～240
SPVC	125～150	140～170	160～180	150～180
RPVC	140～160	160～180	180～200	180～200
PCTFE	250～280	270～300	290～330	340～370
PMMA	150～180	170～200	190～220	200～220
POM	150～180	180～205	195～215	190～215
PC	220～230	240～250	260～270	260～270
PA6	210	220	230	230
PA66	220	240	250	240
PUR	175～200	180～210	205～240	205～240
CAB	130～140	150～175	160～190	165～200
CA	130～140	150～160	165～175	165～180
CP	160～190	180～210	190～220	190～220
PPO	260～280	300～310	320～340	320～340
PSU	250～270	270～290	290～320	300～340
IO	90～170	130～215	140～215	140～220
TPX	240～270	250～280	250～290	250～300
线型聚酯	70～100	70～100	70～100	70～100
醇酸树脂	70	70	70	70

表 3-4 部分塑料的注射温度与模具温度 （单位：℃）

塑料	注射温度（熔体温度）	型腔表壁温度	塑料	注射温度（熔体温度）	型腔表壁温度
ABS	200～270	50～90	GRPA66	280～310	70～120
AS（SAN）	220～280	40～80	矿纤维 PA66	280～305	90～120
ASA	230～260	40～90	PA11，PA12	210～250	40～80
GPPS	180～280	10～70	PA610	230～290	30～60
HIPS	170～260	5～75	POM	180～220	60～120
LDPE	190～240	20～60	PPO	220～300	80～110
HDPE	210～270	30～70	GRPPO	250～345	80～110
PP	250～270	20～60	PC	280～320	80～100
GRPP	260～280	50～80	GRPC	300～330	100～120
TPX	280～320	20～60	PSF	340～400	95～160
CA	170～250	40～70	GRPBT	245～270	65～110
PMMA	170～270	20～90	GRPET	260～310	95～140
聚芳酯	300～360	80～130	PBT	330～360	约 200
软 PVC	170～190	15～50	PET	340～425	65～175
硬 PVC	190～215	20～60	PES	330～370	110～150
PA6	230～260	40～60	PEEK	360～400	160～180
GRPA6	270～290	70～120	PPS	300～360	35～80、120～150
PA66	260～290	40～80			

表 3-5　常用热塑性塑料的热变形温度　（单位：℃）

塑　　料	热变形温度	
	1.82MPa	0.45MPa
聚酰胺 66（PA66）	82 ~ 121	149 ~ 176
30% 玻纤增强 PA66	245 ~ 262	292 ~ 265
聚酰胺 610（PA610）	57 ~ 100	149 ~ 185
40% 玻纤增强 PA610	200 ~ 225	215 ~ 226
聚碳酸酯（PC）	130 ~ 135	132 ~ 141
20% ~ 30% 长玻纤增强 PC	143 ~ 149	146 ~ 157
20% ~ 30% 短玻纤增强 PC	140 ~ 145	146 ~ 149
聚苯乙烯 PS（一般型）	65 ~ 96	
聚苯乙烯 PS（抗冲型）	64 ~ 92.5	
20% ~ 30% 玻纤增强 PS	82 ~ 112	
丙烯腈-氯化聚乙烯-苯乙烯（ACS）	85 ~ 100	
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物（ABS）	83 ~ 103	90 ~ 108
高密度聚乙烯（HDPE）	48	60 ~ 82
聚甲醛（POM）	110 ~ 157	168 ~ 174
氯化聚醚	100	141
聚酰胺 6（PA6）	80 ~ 120	140 ~ 176
30% 玻纤增强 PA6	204 ~ 259	216 ~ 264
聚酰胺 1010（PA1010）	55	148
PMMA 和 PS 共聚物	85 ~ 99	
聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）	68 ~ 99	74 ~ 109
聚苯醚（PPO）	175 ~ 193	180 ~ 204
硬聚氯乙烯（HPVC）	54	67 ~ 82
聚丙烯（PP）	56 ~ 67	102 ~ 115
聚砜（PSU）	174	182
30% 玻纤增强 PSU	185	191
聚四氟乙烯（PTFE）填充 PSU	100	160 ~ 165
丙烯腈-丙烯酸酯-苯乙烯（AAS）	80 ~ 102	106 ~ 108
乙基纤维素（EC）	46 ~ 88	
醋酸纤维素（CA）	44 ~ 88	49 ~ 76
聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBTP）	70 ~ 200	150

3.2.2　压力

注射成型过程中的压力包括注射压力、保压力和背压力。

1. 注射压力

注射压力用以克服熔体从机筒向型腔流动的阻力，提供充模速度及对熔料进行压实等。它是螺杆（或柱塞）轴向移动时其头部对塑料熔体施加的压力。若忽略熔体流动阻力，注射压力可用下式表示：

$$p_i = \frac{4F}{\pi D^2} \tag{3-1}$$

式中 p_i——注射压力(MPa);

F——注射力(N);

D——螺杆基本直径(mm)。

注射压力的大小与塑料品种、注塑机类型、制件复杂程度、模具结构以及其他工艺条件等有关，通常取40~200MPa。部分塑料的注射压力见表3-6。

表3-6 部分塑料的注射压力 (单位：MPa)

塑　料	注射条件		
	易流动的厚壁制件	中等流动程度的一般制件	难流动的薄壁窄浇口制件
聚乙烯	70~100	100~120	120~150
聚氯乙烯	100~120	120~150	>150
聚苯乙烯	80~100	100~120	120~150
ABS	80~110	100~130	130~150
聚甲醛	85~100	100~120	120~150
聚酰胺	90~101	101~140	>140
聚碳酸酯	100~120	120~150	>150
聚甲基丙烯酸甲酯	100~120	210~150	>150

注射压力还与制件的流动比有关。所谓流动比，是指熔体自喷嘴出口处开始能够在模具中流至最远的距离与制件厚度之比值。不同塑料具有不同的流动比范围，并受注射压力大小的影响，见表3-7。

表3-7 部分塑料的注射压力与流动比

塑　料	注射压力/MPa	流动比	塑　料	注射压力/MPa	流动比
聚酰胺6	88.2	320~200	聚碳酸酯	117.6	150~120
聚酰胺66	88.2	130~90		127.4	160~120
	127.4	160~130	聚苯乙烯	88.2	300~260
聚乙烯	49	140~100	聚甲醛	98	210~110
	68.6	240~200	软聚氯乙烯	88.2	280~200
	147	280~250		68.6	240~160
聚丙烯	49	140~100	硬聚氯乙烯	68.6	110~70
	68.6	240~200		88.2	140~100
	117.6	280~240		117.6	160~120
聚碳酸酯	88.2	130~90		127.4	170~130

注射压力 p_i 与注射速度 v_i 相辅相成。其他工艺条件和塑料制件一定时，注射压力越大，注射速度也越快。表达式为

$$v_i = \frac{4q_V}{\pi D^2} \tag{3-2}$$

式中 D——螺杆基本直径 (cm);

q_V——体积流量 (cm^3/s);

v_i——注射速度（cm/s）。

$$q_V = \frac{cbh^3}{12\eta L}(p_i - p_M) \tag{3-3}$$

式中　p_i——注射压力（Pa）；

p_M——型腔压力（Pa），一般 $p_M = kp_i$，$k = 0.2 \sim 0.4$；

b——流道截面的最大尺寸（宽度）（cm）；

h——流道截面的最小尺寸（高度）（cm）；

L——流道长度（cm）；

η——熔体在工作温度和许用切变速率下的动力黏度（Pa·s）；

c——体积流量系数，无量纲，其数值按图 3-5 选取。

2. 保压力和保压时间

保压力的大小取决于模具对熔体的静水压力，与制件的形状、壁厚有关。一般来说，形状复杂和薄壁制件，由于采用的注射压力大，保压力可略低于注射压力。对于厚壁制件的保压力的选择比较复杂，保压力大时容易加大分子取向，使制件出现较为明显的各向异性。在保压力与注射力相等时，制件的收缩率可降低，批量产品中的尺寸波动小，但会使制件出现较大的应力。

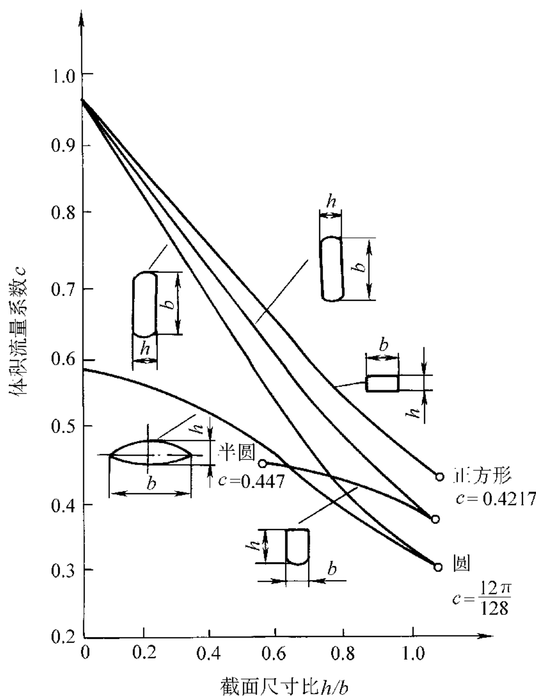


图 3-5　体积流量系数与料流通道截面尺寸比的关系

保压时间一般为 20～120s，与物料温度、模具温度、制件壁厚、模具的流道和浇口大小有关。保压力或保压时间选择的原则是保证成型质量（其具体数据可参考表 3-13）。

3. 背压力与螺杆转速

背压力是指注塑机螺杆顶部的熔体在螺杆转动后退时所受到的压力，简称为背压。背压主要体现对物料的塑化效果及其塑化能力，故也称为塑化压力。增大背压除了可驱除物料中的空气，提高熔体密实程度之外，还可使熔体内压力增大，螺杆后退速度减小，塑化时的剪切作用增强，摩擦热量增大，塑化效果提

高。但是，背压增大后若不提高螺杆转速，熔体在螺杆槽中将会产生较大的逆流和漏流，使塑化能力降低。在实际生产中需将背压的大小与螺杆转速综合考虑。根据生产经验，背压的使用范围约为3.4～27.5MPa，其中下限值适用于大多数塑料，特别是热敏性塑料。表3-8列出了部分塑料使用的背压与螺杆转速的关系。表3-9列出了五种常用热塑性塑料的成型条件。

表3-8　部分塑料的背压和螺杆转速

塑　　料	背压/MPa	螺杆转速/(r/min)	喷嘴类型
硬聚氯乙烯	尽量小	15～25	△
聚苯乙烯	3.4～10.3	50～200	△
20%玻纤填充聚苯乙烯	3.4	50	△
聚丙烯	3.4～6.9	50～150	△
30%玻纤填充聚丙烯	3.4	50～75	△
高密度聚乙烯	3.4～10.3	40～120	△
30%玻纤填充高密度聚乙烯	3.4	40～60	△
聚砜	0.34	30～50	△
聚碳酸酯	3.4①	30～50①	△
聚丙烯酸酯	10.3～20.6	60～100	△
聚酰胺66	3.4	30～50	PA型
玻纤增强聚酰胺66	3.4	30～50	PA型 (喉部4.8mm)
改性聚苯醚（PPO）	3.4	25～75	△
20%玻纤填充聚苯醚	3.4	25～50	△
可注射氟塑料	3.4	50～80	△
纤维素塑料	3.4～13.8	50～300	△
丙烯酸类塑料	2.8～5.5	40～60	△
25%玻纤增强聚甲醛	0.34	40～50	△
聚甲醛	0.34	40～50	△
ABS通用级（高冲击）	3.4～6.9	75～120	ABS型
热塑性聚酯	1.7	20～60	△
15%～30%玻纤填充热塑性聚酯	1.7	20～60	△

注：△表示通用型喷嘴。

①　数值随塑料品级发生变化。

表3-9　五种常用热塑性塑料的成型条件

塑料名称	聚乙烯 (低压)	聚氯乙烯 (硬质)	丙烯腈-丁 二烯-苯乙烯	聚苯乙烯	聚酰胺 (尼龙)
塑料代号	PE	PVC	ABS	PS	PA
适用注射机类型	螺杆、柱塞均可	螺杆式	螺杆、柱塞均可	螺杆、柱塞均可	宜用螺杆式
计算收缩率（%）	1.5～3.6	0.6～1.5	0.3～0.8	0.6～0.8	0.5～4.0

（续）

塑料名称		聚乙烯（低压）	聚氯乙烯（硬质）	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯	聚苯乙烯	聚酰胺（尼龙）
预热	温度/℃	70～80	70～90	80～85	60～75	100～110
	时间/h	1～2	4～6	2～3	2	12～16
机筒温度/℃	后段	140～160	160～170	150～170	140～160	190～210
	中段	—	165～180	165～180	—	200～220
	前段	170～200	170～190	180～200	170～190	210～230
模具温度/℃		60～70	30～60	50～80	32～65	40～80
注射压力/MPa		60～100	80～130	60～100	60～110	40～100
成型时间/s	注射	15～60	15～60	20～90	15～45	20～90
	保压	0～3	0～5	0～5	0～3	0～5
	冷却	15～60	15～60	20～120	15～60	20～120
	总周期	40～130	40～130	50～220	40～120	45～220
螺杆转速/（r/min）		—	28	30	48	48
压缩比		1.84～2.3	2.3	1.8～2.0	1.9～2.15	2.0～2.1

3.2.3　时间

完成一次注塑成型过程所需的时间称为成型周期。它包括以下几个部分：

成型周期
- 充模时间（螺杆前进时间），即注射时间
- 压实时间（螺杆停留时间），即保压时间 } 总冷却时间
- 闭模冷却时间（螺杆后退时间也包括在这段时间内） } 总冷却时间
- 其他时间（开模、脱模、涂脱模剂、安放嵌件和闭模等）

在保证塑料制件质量的前提下，应尽量缩短成型周期中的各段时间，以提高生产率。其中，最重要的是注射时间和冷却时间，它们对产品的质量有着决定性的影响。在生产中，充模时间一般约为 3～5s，压实时间一般约为 20～120s，冷却时间一般约为 30～120s。可参考表 3-10 或表 3-13，确定注射时间、保压时间。

表 3-10　部分塑料的注射时间　　（单位：s）

塑　料	注射时间	塑　料	注射时间
低密度聚乙烯	15～60	聚甲基丙烯酸甲酯	20～60
聚丙烯	20～60	聚碳酸酯	20～90
聚苯乙烯	15～45	聚砜	30～90
硬聚氯乙烯	15～60	聚苯醚	30～90
聚酰胺 1010	20～90	醋酸纤维素	15～45
玻纤增强聚酰胺 66	20～60	聚三氟氯乙烯	20～60
ABS	20～90	聚酰亚胺	30～60

根据生产经验，注塑成型周期与制件平均壁厚有关，表 3-11 列出的经验方法可在生产中参考使用。

表 3-11　确定成型周期的经验方法

制件壁厚/mm	成型周期/s	制件壁厚/mm	成型周期/s
0. 5	10	2. 5	35
1. 0	15	3. 0	45
1. 5	22	3. 5	65
2. 0	28	4. 0	85

3. 3　典型注塑件的工艺参数

典型注塑制件的主要工艺条件见表3-12，各类塑料的工艺参数见表3-13。从表中可看出，注塑机的规格大小、性能参数的范围应尽可能与注射工艺参数相接近，以最低的能源和原材料消耗，获得最高的生产率和经济效益。

表 3-12　典型注塑件的主要工艺条件

名称	材料	形状及尺寸	注 射 工 艺
汽车保险杠	PP + 填充	230 1600 150 壁厚 7.5	注塑机：J1250-8000S 型腔数：1 螺杆形式：标准型，ϕ140mm 螺杆转速：43r/min 模具温度：31 ~ 35℃ 成型周期：117s 其中，闭模 5s、注射 20s、塑化 + 冷却 80s、开模 6s、取件 6s 日产量：738 件
汽车挡泥板	PP	400 670 430 壁厚 3	注塑机：J1250-5400S 型腔数：1 螺杆形式：标准型 螺杆转速：60r/min 模具温度：45℃ 成型周期：47s 其中，闭模 4s、注射 18s、塑化 + 冷却 18s、开模 4s、取件 3s 日产量：1838 件

（续）

名称	材料	形状及尺寸	注 射 工 艺
转向盘	PP		注塑机：N300BⅡ 型腔数：1 螺杆形式：标准型，B 螺杆转速：70r/min 模具温度：42℃ 成型周期：70s 其中，闭模 4s、注射 25s、塑化 + 冷却 30s、开模 4s、取件 7s 日产量：1234 件
风扇叶	SAN	 壁厚 2	注塑机：N200BⅡ 型腔数：1 螺杆形式：标准型，A 螺杆转速：37r/min 模具温度：42℃ 成型周期：38s 其中，闭模 2s、注射 10s、塑化 + 冷却 22s、开模 3s、取件 1s 日产量：2273 件
运输箱	HDPE	 壁厚 3.2	注塑机：J800-5400S 型腔数：1 螺杆形式：HDPE 用螺杆 RSP 螺杆转速：70r/min 模具温度：32 ~ 35℃ 成型周期：62.8s 其中，闭模 6s、注射 13.6s、塑化 + 冷却 30.1s、开模 4.1s、取件 9s 日产量：1375 件
汽车仪表板	PPO	 壁厚 3.2	注塑机：M1600S/1080-DM 型腔数：1 螺杆形式：标准型，ϕ140mm 螺杆转速：45r/min 模具温度：65 ~ 80℃ 成型周期：71s 其中，闭模 7s、注射 16s、塑化 + 冷却 30s、开模 9s、取件 9s 日产量：1080 件

（续）

名称	材料	形状及尺寸	注 射 工 艺
电视机前框	HIPS	210 280 350 68 480 壁厚2.5	注塑机：N550BⅡ 型腔数：1 螺杆形式：标准型，B 螺杆转速：70r/min 模具温度：60～65℃ 成型周期：52s 其中，闭模4s、注射16s、塑化+冷却25s、开模4s、取件3s 日产量：1661件
箱盖	HDPE	65 320 435 壁厚 2	注塑机：N400BⅡ 型腔数：1 螺杆形式：HDPE用螺杆A型 螺杆转速：60r/min 模具温度：30℃ 成型周期：37s 其中，闭模3s、注射9s、塑化+冷却19s、开模4s、取件2s 日产量：2335件
磁带盒	ABS	90 155 15.5 壁厚1.5	注塑机：N300BⅡ 型腔数：1 螺杆形式：标准型，A 螺杆转速：80r/min 模具温度：45～50℃ 成型周期：23s 其中，闭模2s、注射9s、塑化+冷却9s、开模2s、取件1s 日产量：15026件
挡板	SAN	480 420 290 70 壁厚2.5	注塑机：N200BⅡ 型腔数：2 螺杆形式：标准型，A 螺杆转速：50r/min 模具温度：50～60℃ 成型周期：37s 其中，闭模3s、注射7s、塑化+冷却20s、开模3s、取件4s 日产量：4760件
笔套	PS	135	注塑机：N200BⅡ 型腔数：44 螺杆形式：标准型，B 螺杆转速：100r/min 模具温度：35℃ 成型周期：30s 其中，闭模2.5s、注射7s、塑化+冷却15s、开模3s、取件2.5s 日产量：126720件

注：注射时间在这里包括充填时间与保压时间。

表 3-13　各种塑料的注射工艺参数

项目＼塑料		LDPE	HDPE	乙丙共聚 PP	PP	玻纤增强 PP	软 PVC	硬 PVC	PS
注塑机类型		柱塞式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	柱塞式
螺杆转速/（r/min）		—	30～60	—	30～60	30～60	—	20～30	—
喷嘴	形式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式
	温度/℃	150～170	150～180	170～190	170～190	180～190	140～150	150～170	160～170
机筒温度/℃	前段	170～200	180～190	180～200	180～200	190～200	160～190	170～190	170～190
	中段	—	180～200	190～220	200～220	210～220	—	165～180	—
	后段	140～160	140～160	150～170	160～170	160～170	140～150	160～170	140～160
模具温度/℃		30～45	30～60	50～70	40～80	70～90	30～40	30～60	20～60
注射压力/MPa		60～100	70～100	70～100	70～120	90～130	40～80	80～130	60～100
保压力/MPa		40～50	40～50	40～50	50～60	40～50	20～30	40～60	30～40
注射时间/s		0～5	0～5	0～5	0～5	2～5	0～3	2～5	0～3
保压时间/s		15～60	15～60	15～60	20～60	15～40	15～40	15～40	15～40
冷却时间/s		15～60	15～60	15～50	15～50	15～40	15～30	15～40	15～30
成型周期/s		40～140	40～140	40～120	40～120	40～100	40～80	40～90	40～90

项目＼塑料		HIPS	ABS	高抗冲 ABS	耐热 ABS	电镀级 ABS	阻燃 ABS	透明 ABS	ACS
注塑机类型		螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
螺杆转速/（r/min）		30～60	30～60	30～60	30～60	20～60	20～50	30～60	20～30
喷嘴	形式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式
	温度/℃	160～170	180～190	190～200	190～200	190～210	180～190	190～200	160～170
机筒温度/℃	前段	170～190	200～210	200～210	200～220	210～230	190～200	200～220	170～180
	中段	170～190	210～230	210～230	220～240	230～250	200～220	220～240	180～190
	后段	140～160	180～200	180～200	190～200	200～210	170～190	190～200	160～170
模具温度/℃		20～50	50～70	50～80	60～85	40～80	50～70	50～70	50～60
注射压力/MPa		60～100	70～90	70～120	85～120	70～120	60～100	70～100	80～120
保压力/MPa		30～40	50～70	50～70	50～80	50～70	30～60	50～60	40～50
注射时间/s		0～3	3～5	3～5	3～5	0～4	3～5	0～4	0～5
保压时间/s		15～40	15～30	15～30	15～30	20～50	15～30	15～40	15～30
冷却时间/s		10～40	15～30	15～30	15～30	15～30	10～30	10～30	15～30
成型周期/s		40～90	40～70	40～70	40～70	40～90	30～70	30～80	40～70

（续）

项目＼塑料		SAN（AS）	PMMA		PMMA/PC	氯化聚醚	均聚POM	共聚POM	PET
注塑机类型		螺杆式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
螺杆转速/（r/min）		20～50	20～30	—	20～30	20～40	20～40	20～40	20～40
喷嘴	形式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式
	温度/℃	180～190	180～200	180～200	220～240	170～180	170～180	170～180	250～260
机筒温度/℃	前段	200～210	180～210	210～240	230～250	180～200	170～190	170～190	260～270
	中段	210～230	190～230	—	240～260	180～200	170～190	180～200	260～280
	后段	170～180	180～200	180～200	210～230	180～190	170～180	170～190	240～260
模具温度/℃		50～70	40～80	40～80	60～80	80～110	90～120	90～100	100～140
注射压力/MPa		80～120	50～120	80～130	80～130	80～110	80～130	80～120	80～120
保压力/MPa		40～50	40～60	40～60	40～60	30～40	30～50	30～50	30～50
注射时间/s		0～5	0～5	0～5	0～5	0～5	2～5	2～5	0～5
保压时间/s		15～30	20～40	20～40	20～40	15～50	20～80	20～90	20～50
冷却时间/s		15～30	20～40	20～40	20～40	20～50	20～60	20～60	20～30
成型周期/s		40～70	50～90	50～90	50～90	40～110	50～150	50～160	50～90

项目＼塑料		PBT	玻纤增强PBT	PA6	玻纤增强PA6	PA11	玻纤增强PA11	PA12	PA66
注塑机类型		螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
螺杆转速/（r/min）		20～40	20～40	20～50	20～40	20～50	20～40	20～50	20～50
喷嘴	形式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	自锁式
	温度/℃	200～220	210～230	200～210	200～210	180～190	190～200	170～180	250～260
机筒温度/℃	前段	230～240	230～240	220～230	220～240	185～200	200～220	185～220	255～265
	中段	230～250	240～260	230～240	230～250	190～220	220～250	190～240	260～280
	后段	200～220	210～220	200～210	200～210	170～180	180～190	160～170	240～250
模具温度/℃		60～70	65～75	60～100	80～120	60～90	60～90	70～110	60～120
注射压力/MPa		60～90	80～100	80～110	90～130	90～120	90～130	90～130	80～130
保压力/MPa		30～40	40～50	30～50	30～50	30～50	40～50	50～60	40～50
注射时间/s		0～3	2～5	0～4	2～5	0～4	2～5	2～5	0～5
保压时间/s		10～30	10～20	15～50	15～40	15～50	15～40	20～60	20～50
冷却时间/s		15～30	15～30	20～40	20～40	20～40	20～40	20～40	20～40
成型周期/s		30～70	30～60	40～100	40～90	40～100	40～90	50～110	50～100

（续）

项目 \ 塑料		玻纤增强 PA-66	PA-610	PA-612	PA-1010		玻纤增强 PA-1010		透明 PA
注塑机类型		螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	柱塞式	螺杆式
螺杆转速/（r/min）		20~40	20~50	20~50	20~50	—	20~40	—	20~50
喷嘴	形式	直通式	自锁式	自锁式	自锁式	自锁式	直通式	直通式	直通式
	温度/℃	250~260	200~210	200~210	190~200	190~210	180~190	180~190	220~240
机筒温度/℃	前段	260~270	220~230	210~220	200~210	230~250	210~230	240~260	240~250
	中段	260~290	230~250	210~230	220~240	—	230~260	—	250~270
	后段	230~260	200~210	200~205	190~200	180~200	190~200	190~200	220~240
模具温度/℃		100~120	60~90	40~70	40~80	40~80	40~80	40~80	40~60
注射压力/MPa		80~130	70~110	70~120	70~100	70~120	90~130	100~130	80~130
保压力/MPa		40~50	20~40	30~50	20~40	30~40	40~50	40~50	40~50
注射时间/s		3~5	0~5	0~5	0~5	0~5	2~5	2~5	0~5
保压时间/s		20~50	20~50	20~50	20~50	20~50	20~40	20~40	20~60
冷却时间/s		20~40	20~40	20~50	20~40	20~40	20~40	20~40	20~40
成型周期/s		50~100	50~100	50~110	50~100	50~100	50~90	50~90	50~110

项目 \ 塑料		PC		PC/PE		玻纤增强 PC	PSU	改性 PSU	玻纤增强 PSU
注塑机类型		螺杆式	柱塞式	螺杆式	柱塞式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
螺杆转速/（r/min）		20~40	—	20~40	—	20~30	20~30	20~30	20~30
喷嘴	形式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式
	温度/℃	230~250	240~250	220~230	230~240	240~260	280~290	250~260	280~300
机筒温度/℃	前段	240~280	270~300	230~250	250~280	260~290	290~310	260~280	300~320
	中段	260~290	—	240~260	—	270~310	300~330	280~300	310~330
	后段	240~270	260~290	230~240	240~260	260~280	280~300	260~270	290~300
模具温度/℃		90~110	90~110	80~100	80~100	90~110	130~150	80~100	130~150
注射压力/MPa		80~130	110~140	80~120	80~130	100~140	100~140	100~140	100~140
保压力/MPa		40~50	40~50	40~50	40~50	40~50	40~50	40~50	40~50
注射时间/s		0~5	0~5	0~5	0~5	2~5	0~5	0~5	2~7
保压时间/s		20~80	20~80	20~80	20~80	20~60	20~80	20~70	20~50
冷却时间/s		20~50	20~50	20~50	20~50	20~50	20~50	20~50	20~50
成型周期/s		50~130	50~130	50~140	50~140	50~110	50~140	50~130	50~110

（续）

项目 \ 塑料		聚芳砜	聚醚砜	PPO	改性PPO	聚芳酯	聚氨酯	聚苯硫醚
注塑机类型		螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
螺杆转速/（r/min）		20～30	20～30	20～30	20～50	20～50	20～70	20～30
喷嘴	形式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式
	温度/℃	380～410	240～270	250～280	220～240	230～250	170～180	280～300
机筒温度/℃	前段	385～420	260～290	260～280	230～250	240～260	175～185	300～310
	中段	345～385	280～310	260～290	240～270	250～280	180～200	320～340
	后段	320～370	260～290	230～240	230～240	230～240	150～170	260～280
模具温度/℃		230～260	90～120	110～150	60～80	100～130	20～40	120～150
注射压力/MPa		100～200	100～140	100～140	70～110	100～130	80～100	80～130
保压力/MPa		50～70	50～70	50～70	40～60	50～60	30～40	40～50
注射时间/s		0～5	0～5	0～5	0～5	2～8	2～6	0～5
保压时间/s		15～40	15～40	30～70	30～70	15～40	30～40	10～30
冷却时间/s		15～20	15～30	20～60	20～50	15～40	30～60	20～50
成型周期/s		40～50	40～80	60～140	60～130	40～90	70～110	40～90

项目 \ 塑料		聚酰亚胺	醋酸纤维素	醋酸丁酸纤维素	醋酸丙酸纤维素	乙基纤维素	F46
注塑机类型		螺杆式	柱塞式	柱塞式	柱塞式	柱塞式	螺杆式
螺杆转速/（r/min）		20～30	—	—	—	—	20～30
喷嘴	形式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式	直通式
	温度/℃	290～300	150～180	150～170	160～180	160～180	290～300
机筒温度/℃	前段	290～310	170～200	170～200	180～210	180～220	300～330
	中段	300～330	—	—	—	—	270～290
	后段	280～300	150～170	150～170	150～170	150～170	170～200
模具温度/℃		120～150	40～70	40～70	40～70	40～70	110～130
注射压力/MPa		100～150	60～130	80～130	80～120	80～130	80～130
保压力/MPa		40～50	40～50	40～50	40～50	40～50	50～60
注射时间/s		0～5	0～3	0～5	0～5	0～5	0～3
保压时间/s		20～60	15～40	15～40	15～40	15～40	20～60
冷却时间/s		30～60	15～40	15～40	15～40	15～40	20～60
成型周期/s		60～130	40～90	40～90	40～90	40～90	50～130

第 4 章　注塑机设备与模具的关系

随着塑料工业的发展，注塑成型工艺和注塑成型设备也不断地得到改进与发展。最初是借助于金属压铸机原理设计的，1948 年在注塑机上开始使用螺杆塑化装置，并在 1956 年制造出世界上第一台往复螺杆式注塑机。这是注塑成型工艺技术的一大突破，从而使更多的塑料制件采用注塑成型法加工。

注塑成型的特点是：能一次成型出外形复杂、尺寸精确或带有嵌件的塑料制件，对各种塑料加工的适应性强（几乎能加工所有热塑性塑料和某些热固性塑料），生产率高，易于实现自动化，所成型的制件经过很少修饰或不修饰就可满足使用要求，还能生产加填料改性的某些塑料制件。

因此，注塑成型工艺和注塑机得到了广泛应用。就世界范围来说，注塑机加工的塑料量是塑料产量的 30%；注塑机的产量占整个塑料机械产量的 50%，成为塑料成型设备制造业中增长最快、产量最多的机种之一。

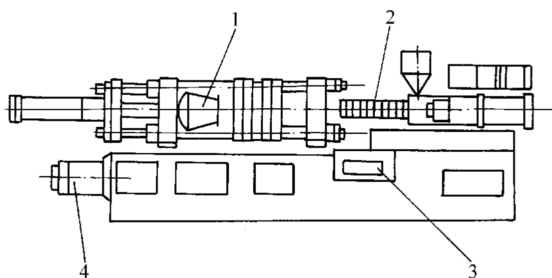


图 4-1　往复螺杆式注塑机的组成
1—合模装置　2—注塑装置　3—电气控制系统　4—液压传动系统

注塑成型设备主要是用来成型塑料制件，所以注塑成型设备俗称注塑机。图 4-1 所示为一台往复螺杆式注塑机，其主要由合模装置、注塑装置、液压传动系统和电气控制系统组成。

4.1　注塑机设备的分类

近年来注塑机发展很快，种类日益增多，分类方式也较多，至今尚未形成完全统一标准的分类方法。目前用得比较多的分类方法有以下几种：

1. 按设备外形特征分类

这是根据注塑装置和合模装置的相对位置进行的分类，据此注塑机分为卧式注塑机、立式注塑机和直角式注塑机。

（1）卧式注塑机　图 4-2 所示为卧式注塑机，其合模装置和注塑装置的轴线呈一直线水平排列。这种注塑机的注塑机构和定模板设置在一侧，而合模机构、推出机构及动模板均设置在另一侧。这种卧式形式是注塑机中最普通、最主要的形式。其优点是：机身低，易于操作和维修；塑件脱模后可自动落下，便于实现

全自动化生产；由于机器重心位置低，安装稳定。其缺点是：模具安装麻烦；嵌件安装不当容易倾斜跌落；机器占地面积也较大。

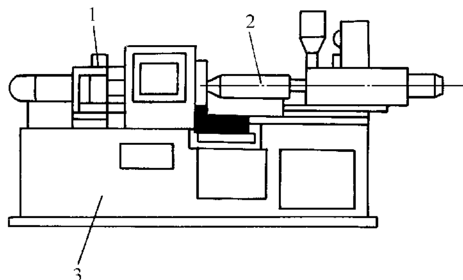


图 4-2 卧式注塑机
1—合模装置 2—注塑装置 3—机身

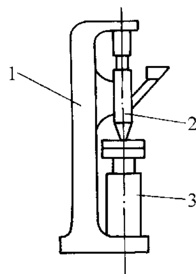


图 4-3 立式注塑机
1—机身 2—注塑装置 3—合模装置

（2）立式注塑机 图 4-3 所示为立式注塑机，其合模装置和注塑装置的轴线呈一直线垂直排列。这种注塑机的注塑机构和定模板设置在上面，而合模机构、推出机构及动模板均设置在下面。其优点是：占地面积小；模具装拆方面，容易安放嵌件，不会倾斜或跌落，安装活动型芯简便可靠；由料斗供给的原料能均匀地压入分流梳的周围。其缺点是：塑件自模具中推出以后，通常要用手工取出，不易自动化操作。目前这种立式结构主要用于注塑量在 60g 以下的小型注塑机。

（3）直角式注塑机 直角式注塑机按注塑机布置又可分为立式及卧式两种，图 4-4a 所示为立式结构，其注塑装置和合模装置的轴线互成垂直排列，即注塑机构为直立布置，合模、推出机构及动、定模板按卧式排列，两者互成直角。这种机型适用于中心部分不允许留有浇口痕迹的平面塑料制件。其缺点是：加料比较困难；嵌件、活动型芯安放不便；只适用于小注塑量的制件（注塑量一般为 20 ~45g）。与立式布置不同的另一种是直角卧式注塑机，如图 4-4b 所示。

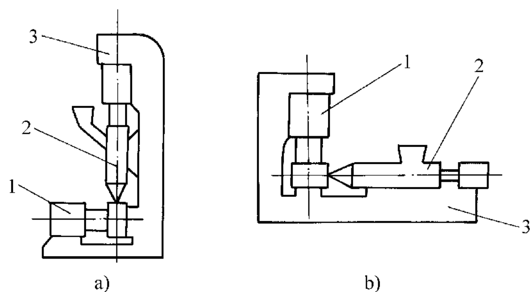


图 4-4 直角式注塑机
a）立式 b）卧式
1—合模装置 2—注塑装置 3—机身

（4）多工位注塑机 上述注塑机也可称单工位注塑机。多工位注塑机的特点是注塑装置或合模装置具有两个以上的工作位置，分为单注塑头多模位注塑机、多注塑头单模位注塑机和多注塑头多模位注塑机三种。

图 4-5 所示为单注塑头多模位注塑机，图 4-6 所示为三注塑头单模位注塑机，图 4-7 所示为双注塑头两模位水平旋转注塑机。这些注塑机主要用来成型两

种以上颜色或物料的制件，可实现多模注塑，适应大批量生产，能提高生产效率。

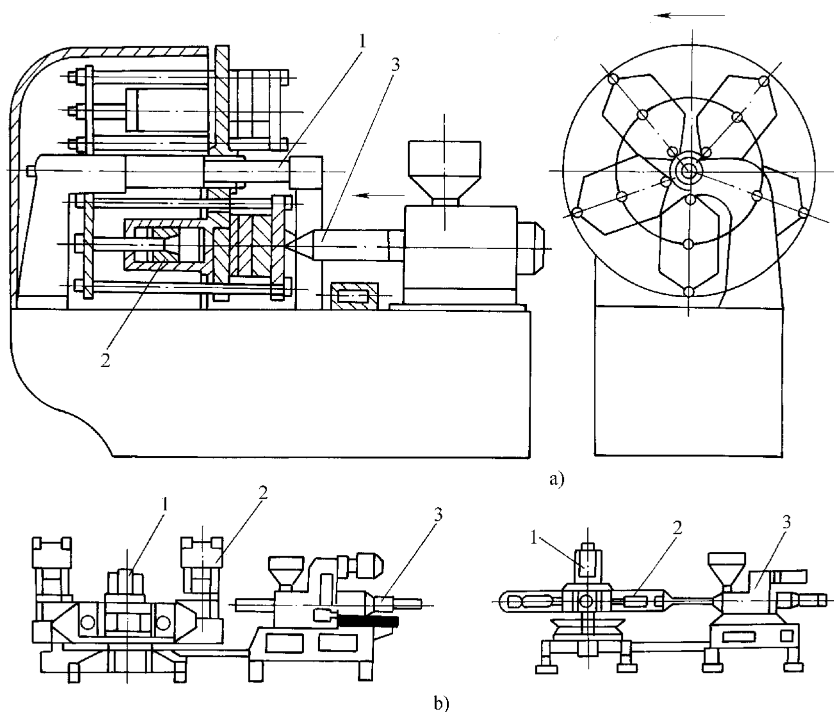


图 4-5　单注塑头多模位注塑机
a）合模机构绕水平轴转动　b）合模机构绕垂直轴转动
1—转盘轴　2—合模装置　3—注塑装置

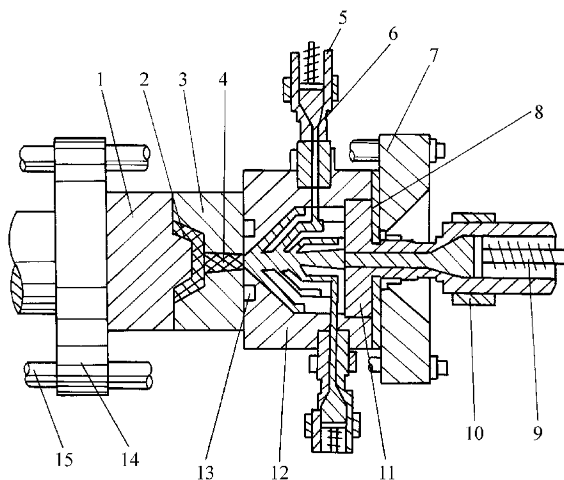


图 4-6　三注塑头单模位注塑机
1—动模　2—制件　3—定模　4—主流道　5—塑化机筒　6—喷嘴　7—定模座板　8—隔板　9—塑化螺杆　10—加热圈　11—主浇套　12—流道分配模　13—冷却槽　14—动模座板　15—拉杆

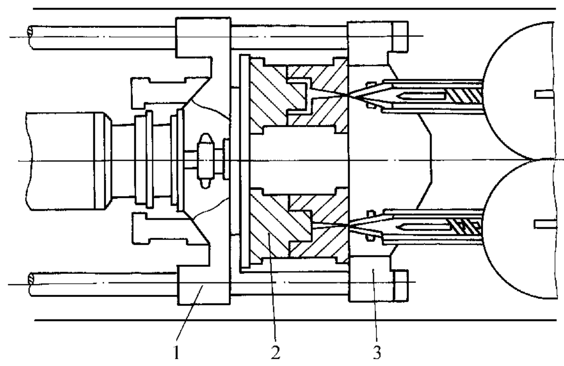


图 4-7　双注塑头两模位水平旋转注塑机

1—动模座板　2—模具　3—定模座板

2. 按注塑机加工能力分类

注塑机加工能力主要由锁模力和注塑量参数表示，国际上通用表示法是同时采用注塑量和锁模力来表示。按其加工能力可分为超小型、小型、中型、大型和超大型注塑机，相应的注塑量和锁模力见表 4-1。

表 4-1　按注塑机加工能力范围分类

类型	锁模力/kN	理论注塑量/cm^3	类型	锁模力/kN	理论注塑量/cm^3
超小型	<160	<16	大型	5000～12500	4000～10000
小型	160～2000	16～630	超大型	>16000	>16000
中型	2500～4000	800～3150			

3. 按注塑机用途分类

按用途可分为通用和专用注塑机。专用注塑机又可分热固型、排气型、转盘式、发泡、多色和玻璃纤维增强塑料等注塑机。

4. 按合模装置的特征分类

按合模装置的特征可分为液压式、液压机械式和机械式注塑机，如图 4-8 所示。

液压式合模装置是利用液压动力与液压元件等来实现模具的启闭及锁紧的，在大、中、小型机上都已得到广泛应用，如图 4-8 所示。液压机械式是液压和机

械相联合来实现模具的启闭及锁紧的，常用于中小型机，如图 4-9 所示。机械式合模装置是利用电动机械、机械传动装置等来实现模具的启闭及锁紧的，目前应用较少。

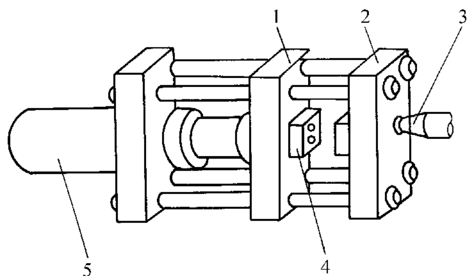


图 4-8　液压式合模装置
1—动模座板　2—定模座板　3—喷嘴　4—模具　5—液压缸

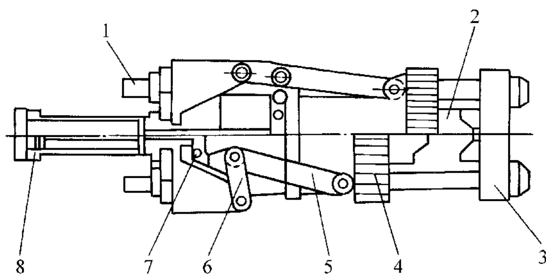


图 4-9　液压机械式合模装置
1—拉杆　2—模具　3—定模座板　4—动模座板　5—前连杆
6—后连杆　7—十字连杆　8—液压缸

4.2　部分国产及国外注塑机技术参数

部分国产及国外注塑机主要技术参数见表 4-2 ~ 表 4-11。

表4-2　　SZ系列注塑机主要技术参数

项目		SZ—25/20	SZ—40/25	SZ—60/40	SZ—100/60	SZ—100/80	SZ—160/100	SZ—200/120	SZ—250/100	SZ—300/160	SZ—500/200	SZ—630/200	SZ—1000/300	SZ—2500/500	SZ—4000/800	SZ—6300/1000	SZ—10000/1600
注射部分	螺杆直径/mm	25	30	30	35	35	40	42	45	45	55	60	70	90	110	130	150
	螺杆转速/(r/min)	0～220	0～220	0～200	20～200	0～200	0～220	0～220	76～170	0～180	0～180	0～150	0～150	0～120	0～80	0～80	0～80
	理论注射容量/cm^3	25	40	60	100	100	160	200	250	300	500	630	1000	2500	4000	6300	10000
	注射压力/MPa	200	200	180	150	170	150	150	150	150	150	147	150	150	150	140	140
	注射速率/(g/s)	35	50	70	85	95	105	120	135	145	173	245	325	570	770	1070	1130
	塑化能力/(kg/h)	13	20	35	40	40	45	70	75	82	110	130	180	245	325	430	535
合模部分	锁模力/kN	200	250	400	600	800	100	120	120	160	200	220	300	500	800	1000	1600
	拉杆间距(水平/mm×垂直/mm)	242×187	250×250	220×300	320×320	320×320	345×345	355×385	400×400	450×450	570×570	540×440	760×700	900×830	1120×1200	1100×1180	1300×1300
	模板行程/mm	210	230	250	300	305	325	305	320	380	500	500	650	850	1200	1200	1500
	模具最小厚度/mm	110	130	150	170	170	200	230	220	250	280	200	340	400	600	600	75
	模具最大厚度/mm	220	220	250	300	300	300	400	380	450	500	500	650	750	1100	1100	1500
	定位孔直径/mm	55	55	80	125	100	100	125	110	160	160	160	250	250	250	250	2500
	定位孔深度/mm	10	10	10	10	10	10	15	15	20	25	30	40	50	50	50	50
	喷嘴伸出量/mm	20	20	20	20	20	20	20	20	20	30	30	30	50	50	50	50
	喷嘴球半径/mm	10	10	10	10	10	15	15	15	20	20	15	20	35	35	35	35
	顶出行程/mm	55	55	70	80	80	100	90	90	90	90	128	140	165	200	300	360
	顶出力/kN	6.7	6.7	12	15	15	15	22	28	33	53	60	70	110	280	280	300
电气	液压泵电动机功率/kW	7.5	7.5	11	11	11	15	15	18.5	18.5	22	30	37	40	110	135	151
	加热功率/kW	26	4.5	4.7	6	6	7.25	8.25	6.72	9.25	15.55	15	24.5	28.1	40.4	40.4	80
其他	机器质量/t	2.7	2.7	3	2.8	3.5	4	4.3	5	6	8	9	15	29	65	70	78
	外形尺寸(长/m×宽/m×高/m)	2.1×1.2×1.4	2.5×1.3×1.4	4.0×1.4×1.6	3.9×1.3×1.8	4.2×1.5×1.7	4.4×1.5×1.8	4.0×1.4×1.9	5.1×1.3×1.8	4.6×1.7×2.0	5.6×1.9×2.0	6.0×1.5×2.2	6.7×1.9×2.3	1×2.7×2.8	12×2.8×3.8	12×2.8×3.8	12.6×4.05×3.9

表4-3 部分XS—Z、XS—ZY系列注塑机主要系数参数

项目 \ 型号		XS—Z 30/25	XS—Z 60/50	XS—ZY 60/40	XS—ZY 125/90	XS—ZY 250/180	XS—ZY 250/160	XS—ZY 350/250	XS—ZY 500/350	XS—ZY 500/200	XS—ZY 1000/450	XS—ZY 1000/550	XS—ZY 2000/600	XS—ZY 3000/630	XS—ZY 4000/1000
注射部分	螺杆直径/mm	30	40	35	42	50	50	55	65	65	85	100	110	120	130
	注射容量/cm^3	30	60	60	125	250	250	350	500	500	1000	1000	2000	3000	4000
	注射质量/g	27	55	55	114	228	228	320	455	455	910	910	1820	2730	3640
	注射压力/MPa	116	120	135	116	147	127	107	102	132	118	118	108	113	125
	注射速率/(g/s)	38	60	70	72	114	134	145	168	168	303	325	455	718	910
	塑化能力/(kg/h)	13	20	24	35	55	55	70	80	110	125	180	195	245	290
	注射方式	柱塞式	柱塞式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式	螺杆式
合模部分	锁模力/kN	250	500	400	900	1800	1600	2500	3500	2000	4500	5500	6000	6300	10000
	移模行程/mm	160	180	270	300	500	350	260	500	500	700	700	750	1120	1100
	拉杆间距/mm	235	190 × 300	330 × 300	260 × 290	295 × 373	370 × 370	290 × 368	540 × 440	540 × 440	650 × 550	650 × 550	760 × 700	900 × 800	1050 × 950
	最大模厚/mm	180	200	250	300	350	400	400	450	440	700	700	800	960	1000
	最小模厚/mm	60	70	150	200	200	200	170	300	240	300	300	500	400	250
	合模方式	肘杆	肘杆	液压	肘杆	液压	肘杆	肘杆	肘杆	液压	液压	液压	肘杆	液压	液压
	顶出行程/mm	140	160	70	180	90	220	240	100	128	190	190	125	200	150
	顶出力/kN	12	15	12	15	28	30	35	58	41	95	95	120	110	160
	定位孔径/mm	55	55	80	100	100	100	125	180	160	150	225	198	215	300
	喷嘴移出量/mm	10	10	20	20	20	20	20	30	30	30	30	25	30	50
	喷嘴球半径/mm	10	10	10	10	18	18	18	18	20	18	18	18	18	18
电气	系统压力/MPa	6	6	14.2	6	6	6.8	6	6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6
	电动机功率/kW	5.5	11	15	15	24	39	24	29.5	41	64	62.5	103	137	182
	加热功率/kW	2.2	2.7	4.7	5	9.8	6.7	10	14	17	16.5	18	21	40	45.4
其他	外形尺寸(长/m × 宽/m × 高/m)	2.4 × 0.8 × 1.5	3.5 × 0.9 × 1.6	3.3 × 0.9 × 1.6	3.4 × 0.8 × 1.6	4.7 × 1 × 4.5	5 × 1.3 × 1.9	4.7 × 1.4 × 1.8	6.5 × 1.3 × 2	6 × 1.5 × 2	7.7 × 1.8 × 2.4	7.4 × 1.7 × 24	10.9 × 1.9 × 3.5	11 × 2.9 × 3.2	14 × 2.4 × 2.9
	质量/t	1	2	3	3.5	4.5	6	7	12	9	20	25	37	50	65

注：表中所列数据仅供参考。

表4-4　JPH、AT系列注塑机主要技术参数

项目		JPH50			JPH80			JPH120			JPH150			JPH180			JPH250			JPH330		
注射部分	螺杆型号	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	螺杆直径/mm	28	33	36	31	36	42	38	42.5	45	40	45	50	45	50	55	60	67	75	65	75	83
	螺杆转速/(r/min)	21	19	18	20.5	19	16	20	18	17	22.5	20	18	20	19	17	21	19	17	21	19	17
	理论注射容积/cm^3	73	102	122	107	127	173	155	200	220	200	254	310	315	388	470	672	839	1050	926	1157	1433
	理论注射质量/g	67	94	113	98	115	155	145	185	202	186	232	285	288	356	428	598	740	936	825	1030	1275
	注射压力/MPa	214	154	130	214	154	170	200	165	153	194	153	124	205	166	138	196	164	137	195	155	130
	注射速率/(g/s)	58	80	95	98	105	125	72	92	102	90	115	140	106	131	160	138	164	195	240	300	367
	塑化能力/(kg/h)	24	28	35	30	38	47	38	43	55	40	55	65	59	68	80	83	95	111	134	158	218
	螺杆最大转速/(r/min)	185			150			150			150			150			140			140		
合模部分	合模形式	全液压式																				
	锁模力/kN	500			800			1200			1500			1800			2500			3300		
	拉杆间距(水平/mm×垂直/mm)	295×295			360×310			410×360			410×410			460×460			560×510			710×510		
	模板行程/mm	380			540			540			620			700			830			920		
	最大开距/mm	530			700			700			800			900			1050			1200		
	最小模厚/mm	150			160			160			180			200			220			280		
	定位孔直径/mm	100			100			125			125			125			150			150		
	定位孔深度/mm	25			25			35			35			35			40			40		
	喷嘴伸出量/mm	25			25			35			35			35			40			40		
	喷嘴球半径/mm	10			10			10			10			10			15			15		
	液压顶出力/kN	25			41			41			41			41			47.5			54		
	顶出行程/mm	60			80			80			80			80			100			120		
电气	液压泵电动机功率/kW	11			11			15			15			18.5			22.5			37.5		
	加热功率/kW	4.5			5.8			6.5			7.45			10			16			20		
其他	油箱容量/L	180			180			210			210			300			400			600		
	机器质量/t	2.6			3.8			4.0			4.6			5.5			8.0			14.0		
	外形尺寸(长/m×宽/m×高/m)	3.03×1.0×1.6			3.1×1.1×1.7			3.8×1.2×1.7			4.11×1.2×1.7			4.55×1.2×1.8			5.6×1.4×1.9			6.3×1.5×1.9		

（续）

项目		JPH500			AT—80			AT—150			AT—200			AT—250			AT—330		
注射部分	螺杆型号	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	螺杆直径/mm	80	88	95	31	36	42	45	50	55	50	55	60	60	67	75	67	75	83
	螺杆转速/(r/min)	21	19	17	21	18	16	21	19	17	21	19	17	21	19	17	21	19	17
	理论注射容积/cm^3	1960	2212	2480	94	127	173	286	350	415	393	478	570	672	839	1050	926	1157	1433
	理论注射质量/g	1750	1984	2224	85	113	154	255	312	370	350	426	509	598	740	936	825	1030	1275
	注射压力/MPa	186	165	147	206	153	113	180	151	125	175	145	122	171	137	109	195	155	130
	注射速率/(g/s)	460	520	585	65	85	115	107	132	160	136	165	196	213	265	332	240	300	363
	塑化能力/(kg/h)	230	270	298	22	33	45	59	68	83	70	92	105	113	170	186	175	190	248
	螺杆最大转速/(r/min)	130			150			150			150			150			150		
合模部分	合模形式	全液压式			肘杆式														
	锁模力/kN	5000			800			1500			2000			2500			3000		
	拉杆间距(水平/mm×垂直/mm)	820×760			355×300			450×380			490×420			570×500			680×600		
	模板行程/mm	1250			270			400			400			540			670		
	最大开距/mm	1650			570			800			870			1100			1340		
	最小模厚/mm	400			130			160			200			200			250		
	定位孔直径/mm	180			100			120			120			150			150		
	定位孔深度/mm	40			25			25			25			25			25		
	喷嘴伸出量/mm	40			25			40			40			40			40		
	喷嘴球半径/mm	15			10			10			10			15			15		
	液压顶出力/kN	160			23			44			44			70			85		
	顶出行程/mm	200			60			100			100			130			130		
电气	液压泵电动机功率/kW	55			7.5			15			22			30			37		
	加热功率/kW	26			6.5			11			13			20			24		
其他	油箱容量/L	900			150			350			360			530			650		
	机器质量/t	25.0			2.4			5.5			7.5			11.2			14.0		
	外形尺寸(长/m×宽/m×高/m)	7.3×1.8×2.5			3.93×0.945×1.5			4.27×1.06×1.9			5.1×1.2×1.9			6.1×1.4×2.1			7.5×1.5×2.1		

注：1.本表所示参数由广东顺德市秦川恒利塑机有限公司提供。

2.JPH系列机型为我国独创的新产品，达到世界先进水平，它的合模装置采用四缸直压适合模。具有锁紧力大、开模行程长、无需调节模厚度和回拉杆、不必另注润滑油优点。

3.AT系列采用的是五铰双曲肘锁模机构，螺杆驱动选用了高扭力、低能耗的意大利液压马达和液压调模装置。

表4-5 FS、FM、FD系列注塑机主要参数

项目		FS80			FM100			FM125			FM160			FM200			FM250			FD320		
注射部分	螺杆型号	A	标准	C	A	标准	C	A	标准	C	A	标准	C	A	标准	C	A	标准	C	A	标准	C
	螺杆直径/mm	31	36	41	40	42	45	42	45	50	45	50	55	55	60	65	60	65	70	65	70	77
	螺杆长径比(L/D)	22.1	19	16.7	19.4	18.5	17.3	19.8	18.5	16.6	20.6	18.5	16.8	19.6	18	16.6	20.1	18.5	17.2	21.5	20	18.1
	理论注射容量/cm^3	88	125	160	155	173	200	174	200	247	259	320	387	420	500	587	681	800	927	862	1000	1210
	注射压力/MPa	207	154	118	165	150	130	200	175	142	220	178	147	185	156	133	205	175	151	208.7	180	148.7
	注射速率/(g/s)	65	77.6	118	85	94	108	102	117	144	114	140	170	150	178	210	179	210	243	274	318	385
	塑化能力/(kg/h)	8	10.4	16.4	17.1	18.9	21.7	17.6	22	30	16.4	22.5	30	28	35.2	47.3	35.2	40.6	45.3	41.5	51.8	68.9
	螺杆转速/(r/min)	200			200			200			150			150			140			0~140		
合模部分	合模方式	内翻双曲肘式			内翻双曲肘式			内翻双曲肘式			内翻双曲肘式			内翻双曲肘式			内翻双曲肘式			内翻双曲肘式		
	锁模力/kN	800			1000			1250			1600			2000			2500			3200		
	模板最大开距/mm	590			650			775			865			1030			1180			1300		
	模具厚度/mm	125~320			150~325			175~425			175~480			220~530			280~630			300~650		
	拉杆间距(水平/mm×垂直/mm)	315×315			365×345			410×375			700×700			570×570			620×590			760×700		
	模板最大行程/mm	270			325			350			385			500			550			650		
	定位孔直径/mm	100			125			125			160			160			160			200		
	定位孔深度/mm	15			15			15			20			25			20			25		
	喷嘴伸出量/mm	45			45			45			45			50			50			50		
	喷嘴球半径/mm	10			15			15			15			15			15			25		
	(顶出力/顶出行程)/(kN/mm)	18/70			23/100			27/110			35/125			35/125			60/150			60/170		
电气	模具厚度调节电动机功率/kW																			0.75		
	加热功率/kW	6.17			7.8			8.25			10.77			14.15			20			20.55		
	液压泵电动机功率/kW	7.5			11			15			18.5			22			30			37		
其他	机器质量/t	2.5			3.6			4.3			5.50			8			12.5			17.5		
	外形尺寸(长/m×宽/m×高/m)	3.7×1.1×1.6			4.2×1.0×1.7			4.5×1.1×1.8			5.1×1.2×2.01			5.7×1.5×2.2			6.4×1.7×2.1			7.6×1.9×2.0		

（续）

项目		FD400			FD500			FD650			FD800			FD1000			FD1250			FD1600		
注射部分	螺杆型号	A	标准	B	A	标准	B	A	标准	B	A	标准	B	A	标准	B	A	标准	B	A	标准	B
	螺杆直径/mm	70	77	85	85	90	100	90	100	110	105	115	125	115	125	135	125	135	150	135	150	160
	螺杆长径比(L/D)	22	20	18.1	21.2	20	18.1	22.2	20	18.2	21.9	20	18.4	21.7	20	18.5	21.6	20	18	22.2	20	18.7
	理论注射容量/cm^3	1322	1600	1950	2230	2500	3086	2835	3500	4235	3334	4000	4725	5334	6300	7348	8573	10000	12345	10125	12500	14222
	注射压力/MPa	217.8	180	147.7	202	180	146	221	179	149	210	175	148	206	175	150	198	170	137.5	203.7	165	145
	注射速率/(g/s)	343	415	506	450	505	623	575	710	859	592	710	839	779	920	1073	985	1150	1419	980	1210	1377
	塑化能力/(kg/h)	48.3	60.3	86.5	69.4	74.2	101.8	68	93	124	74.4	96.5	123.9	93.8	120.5	151.8	121	153	210	137	188	228
	螺杆转速/(r/min)	0～140			0～120			0～120			0～90			0～80			0～80			0～80		
合模部分	合模方式	外翻双曲肘式			外翻双曲肘式			外翻双曲肘式			外翻双曲肘式			外翻双曲肘式			外翻双曲肘式			外翻双曲肘式		
	锁模力/kN	4000			5000			6500			8000			10000			12500			16000		
	模板最大开距/mm	1400			1000			1980			2300			2300			2400			3110		
	模具厚度/mm	330～700			350～750			460～980			600～1100			600～1100			600～1200			850～1550		
	拉杆间距(水平/mm×垂直/mm)	883×720			900×830			1000×950			1200×1120			1180×1100			1300×1120			1620×1420		
	模板最大行程/mm	700			850			1000			1200			1200			1200			1560		
	定位孔直径/mm	200			250			250			250			250			250			315		
	定位孔深度/mm	25			25			30			30			30			30			30		
	喷嘴伸出量/mm	50			50			50			50			50			50			50		
	喷嘴球半径/mm	25			25			30			30			30			30			30		
	(顶出力/顶出行程)/(kN/mm)	110/200			110/250			125/270			260/300			260/300			280/300			500/350		
电气	模具厚度调节电动机功率/kW	0.75			1.1			1.1			5.5			5.5			5.5			5.5		
	加热功率/kW	25.55			34.6			37			47			51.5			80			90		
	液压泵电动机功率/kW	45			67			75			96			104			120			120		
其他	机器质量/t	20			33			55			65			70			100			120		
	外形尺寸(长/m×宽/m×高/m)	8.2×2.0×2.1			9.7×2.1×2.6			9.5×2.4×2.7			12.1×2.7×2.8			12.3×2.7×2.8			12.8×2.8×3.2			15.0×3.2×3.2		

注：本系列参数由浙江申达塑料机械有限公司（原浙江塑料机械总厂）提供。

表4-6　捷霸C系列省电注塑机主要技术参数

项目	型号	JM55—C/ES			JM88—C/ES			JM128—C/ES		JM168—C/ES		JM218—C/ES		JM268—C/ES			JM368—C/ES			JM468—C/ES		
		A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C
注射部分	螺杆直径/mm	25	28	31	31	36	41	41	46	46	52	52	60	60	67	75	67	75	83	75	83	93
	注射容量/cm^3	63.8	80	98.1	105.7	142.5	184.8	224.4	282.5	340.7	435.4	499.1	664.4	678.6	846.2	1060.3	987	1237	1515	1457.9	1785.5	2241.7
	注射质量/g	57	71	89	97	129	168	200	256	311	396	453	600	620	780	962	900	1128	1380	1327	1615	2038
	注射压力/MPa	222.9	177.7	145	192.1	142.1	109.8	172.5	137.2	184.3	144.1	193.1	145.1	183.8	147	117.6	188	150	122.5	220.1	179.7	143.7
	螺杆长径比(L/D)	22	19.6	18	22	19	16.5	23.5	20	23	20	23	20	20	18	16	20	18	16	20	18	16
	注射速率/(cm^3/s)	56.6	71	87.1	65	90	115	112.5	142	159.5	204	198.3	264	275	342.5	429.2	253.4	317.5	388.8	366.6	412.2	517.5
	塑化能力/(kg/h)	18	21	33	28.6	47.5	70.4	75	107.1	75	120	113.6	168	190	215.8	245	146	167	188	281.6	343.7	425
	螺杆转速(最大值)/(r/min)	304			216			230		170		165		213			124			144		
	注座推力/kN	28.5			28.5			35.3		58.8		69.6		94.1			106.8			92.1		
	注座行程/mm	220			220			280		300		330		360			460			500		
合模部分	锁模力/kN(t)	539(55)			862(88)			1254(128)		1646(168)		2136(218)		2626(268)			3606(368)			4586(468)		
	移模行程/mm	250			290			340		380		405		505			660			750		
	拉杆间距(水平/mm×垂直/mm)	310×310			360×310			410×360		460×410		510×460		560×560			700×700			780×750		
	最大模厚/mm	320			350			400		450		500		640			700			800		
	最小模厚/mm	80			127			175		220		225		200			260			300		
	液压顶出行程/mm	75			75			100		100		100		125			150			180		
	液压顶出推力/kN	27.5			27.5			27.5		53.9		53.9		71.6			71.6			86.3		
	定位孔径/mm	100			100			100		120		120		120			150			150		
	喷嘴移出量/mm	50			50			50		50		50		50			50			50		
	喷嘴球半径/mm	15			15			15		15		15		15			15			15		
电气	液压泵功率/kW	7.4			11			14.7		18.4		22.1		29.4			36.8			44.1		
	系统压力/MPa	14.2			14.2			14.2		17.2		17.2		14.2			14.2			17.2		
	电热功率/kW	4.2			6.5			11		13.3		15.5		17.7			23.2			27		
	温度控制区	2+1			3+1			3+1		3+1		3+1		4+1			4+1			4+1		
其他	循环时间/s	1.6			2.1			2.1		2.6		3.1		4			5.1			5.3		
	外形尺寸(长/m×宽/m×高/m)	3.30×0.92×1.58			3.75×1.20×1.65			4.5×1.35×1.80		4.90×1.40×1.80		5.50×1.55×1.95		6.20×1.67×2.10			7.65×1.66×1.97			9.22×1.85×2.17		
	质量/t	2.4			3			3.7		4.9		6.3		9.5			15.6			18		
	料斗容积/L	31			31			45		45		45		69			80			80		
	油箱容积/L	150			200			288		350		465		575			700			900		

表4-7 捷霸MKⅢ系列计算机控制注塑机主要技术参数

项目	型号	JM55MKⅢ—C			JM88MKⅢ—C			JM128MKⅢ—C		JM168MKⅢ—C		JM218MKⅢ—C		JM268MKⅢ—C			JM368MKⅢ—C			JM468MKⅢ—C		
		A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C
注射部分	螺杆直径/mm	25	31	28	31	41	36	41	46	46	52	52	60	60	75	67	67	83	75	75	93	83
	注射容量/cm^3	63	98	80	105	184	142	224	282	340	435	499	664	678	1060	846	987	1515	1237	1457	2241	1785
	注射质量/g	56	87	71	94	165	127	200	252	311	396	445	593	625	994	795	881	1352	1104	1301	2000	1593
	注射压力/MPa	218.2	141.9	174	192.2	109.9	142.5	208.1	165.3	186.3	145.8	192.8	144.9	183.8	117.6	147.3	188	122.5	150	181.1	117.7	147.8
	螺杆长径比(L/D)	22	18	19.6	22	16.5	19	23.5	20	23	20	23	20	20	16	18	20	16	18	20	16	18
	注射速率/(cm^3/s)	33.3	51.8	42	38	67	52	84	106	102	130	128	170.8	180	282	225	208	319	260	279	428.7	341.5
	塑化能力/(kg/h)	18	33	21	20	50	34	72	101	69	110	95	143	147	190	167	143	184	163	201	305	233
	螺杆转速(最大值)/(r/min)	220			155			220		164		140		166			122			131		
	注座推力/kN	28.5			28.5			43.1		56.9		68.6		100			100			93.1		
	注座行程/mm	220			220			280		300		330		360			460			500		
合模部分	锁模力/kN(t)	539(55)			862(88)			1254(128)		1646(168)		2136(218)		2626(268)			3606(368)			4586(468)		
	移模行程/mm	220			270			305		350		405		505			660			750		
	拉杆间距(水平/mm×垂直/mm)	310×310			360×360			410×360		460×410		510×460		560×560			700×700			780×750		
	最大模厚/mm	320			350			400		450		500		640			700			800		
	最小模厚/mm	80			127			175		220		225		200			260			300		
	液压顶出行程/mm	75			75			100		100		100		125			150			180		
	液压顶出推力/kN	27.5			27.5			33		44.1		53.9		71.6			71.6			86.3		
	定位孔径/mm	100			100			100		120		120		120			150			150		
	喷嘴移出量/mm	30			30			30		30		30		30			30			30		
	喷嘴球半径/mm	12			12			12		12		12		12			12			12		
电气	液压泵功率/kW	7.5			7.5			15		18.75		22.5		30			37.5			45		
	系统压力/MPa	14.2			14.2			17.16		14.2		17.2		14.2			14.2			17.2		
	电热功率/kW	4.2			6.5			11		13.3		15.5		17.7			23.2			27		
	温度控制区	2+1			2+1			3+1		3+1		3+1		4+1			4+1			4+1		
其他	循环时间/s	2.1			2.6			2.6		3.1		3.1		4			5.1			5.3		
	外形尺寸(长/m×宽/m×高/m)	3.55×0.96×1.69			3.72×1.08×1.71			4.55×1.10×1.75		5.09×1.19×1.88		5.56×1.24×1.91		6.65×1.47×2.09			7.65×1.66×1.97			9.22×1.85×2.17		
	质量/t	1.8			2.3			3.5		4.3		5.6		7.8			12.8			16.6		
	料斗容积/L	31			31			41		41		41		69			80			80		
	油箱容积/L	150			150			300		400		450		600			700			900		

表 4-8 捷霸 MKⅣ系列精密注塑机主要技术参数

项目 \ 型号		JM80 MKⅣ			JM130 MKⅣ			JM170 MKⅣ			JM220 MKⅣ		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
注射部分	螺杆直径/mm	31	36	41	41	46	52	46	52	60	46	52	60
	注射容量/cm^3	109	147	191	237	299	382	340	435	579	390	499	664
	注射质量/g	101	136	177	218	275	351	313	400	531	361	461	614
	注射压力/MPa	266.1	197.4	152.1	257.1	204.2	159.9	253.8	198.6	149.2	253.8	198.6	149.2
	螺杆长径比(L/D)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	注射速率/(cm^3/s)	100	135	175	140	176	225	153	195	260	180	230	306
	塑化能力/(kg/h)	48	80	119	82	116	170	124	198	298	136	216	326
	螺杆转速(最大值)/(r/min)	367			253			293			321		
	注座推力/kN	44			53.5			70.6			70.6		
	注座行程/mm	280			300			300			330		
合模部分	锁模力/kN(t)	785(80)			1274(130)			1667(170)			2157(220)		
	移模行程/mm	300			420			470			550		
	拉杆间距(水平/mm × 垂直/mm)	360 × 360			460 × 460			510 × 510			560 × 560		
	最大模厚/mm	350			450			500			550		
	最小模厚/mm	150			200			225			250		
	液压顶出行程/mm	75			120			140			140		
	液压顶出推力/kN	27.5			33			44.1			68.7		
	定位孔径/mm	100			100			120			120		
	喷嘴移出量/mm	50			50			50			50		
	喷嘴球半径/mm	15			15			15			15		
电气	液压泵功率/kW	15			18.5			22			30		
	系统压力/MPa	14.2			17.16			14.2			14.2		
	电热功率/kW	5.48	6.52	8.68	8.68	10.30	12.22	10.30	12.22	15.47	10.30	12.22	15.47
	温度控制区	3 + 1			3 + 1			3 + 1			3 + 1		
其他	循环时间/s	1.35			1.6			2			2.3		
	外形尺寸(长/m × 宽/m × 高/m)	4.00 × 1.19 × 1.59			4.87 × 1.36 × 1.87			5.29 × 1.46 × 1.87			5.80 × 1.56 × 1.90		
	质量/t	4.09			5.22			6.80			7.86		
	料斗容积/L	40			50			50			50		
	油箱容积/L	340			400			430			450		

表 4-9　捷霸 ECO 系列全电式注塑机主要技术参数

项目 \ 型号		JM55—ECO		JM100—ECO		JM140—ECO	
		A	B	A	B	A	B
注射部分	螺杆直径/mm	22	25	31	36	41	46
	注射质量/g	49	64	113	153	251	316
	注射压力/MPa	215.6	196	215.6	196	215.6	196
	注射速率/(cm^3/s)	300	300	300	300	300	300
	螺杆行程/mm	130		150		190	
	螺杆转速/(r/min)	300		300		300	
合模部分	锁模力/kN(t)	539(55)		980(100)		1372(140)	
	移模行程/mm	235		350		400	
	拉杆间距(水平/mm × 垂直/mm)	320 × 320		410 × 410		460 × 460	
	最大模厚/mm	350		450		500	
	最小模厚/mm	100		150		150	
	顶出行程/mm	80		100		125	
	顶出推力/kN	19.6		24.5		34.3	
	定位孔径/mm	100		100		100	
	喷嘴移出量/mm	30		30		30	
	喷嘴球半径/mm	10		10		10	
电气	电热功率/kW	6.1		7.5		10.5	
	电源	380(1 ± 10%)V，50/60Hz		380(1 ± 10%)V，50/60Hz		380(1 ± 10%)V，50/60Hz	
其他	环境温度/°C	10 ~ 55(建议 20 ~ 55)		10 ~ 55(建议 20 ~ 55)		10 ~ 55(建议 20 ~ 55)	
	外形尺寸(长/m × 宽/m × 高/m)	3.0 × 0.97 × 1.8		4.1 × 1.1 × 1.8		4.6 × 1.2 × 1.9	
	质量/t	3		4		5.5	

注：1. 捷霸 ECO 全电式注塑机以伺服电动机驱动，不需使用压力油，比同类型液压机节电 35% ~ 60%，可同步进行塑化、开合模及顶出动作，具有快速、精确、节能及静音等优点。

2. 捷霸各系列注塑机技术参数由香港震雄集团提供。

表4-10 海天HFX/1系列注塑机主要技术参数

项目	型号	HTF80X/1			HTF110X/1			HTF150X/1			HTF200X/1			HTF250X/1			HTF300X/1		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
注射部分	螺杆直径/mm	34	36	40	34	38	42	40	45	48	45	50	55	50	55	60	60	65	70
	螺杆长径比(L/D)	21.2	20	18	22.3	20	18	22.5	20	18.8	22.2	20	18.2	22	20	18.3	21.7	20	18.6
	理论注射容量/cm^3	131	147	181	147	184	224	253	320	364	334	412	499	442	535	636	727	853	989
	注射质量/g	119	134	165	134	167	204	230	291	331	304	375	454	402	487	579	662	776	900
	注射速率/(g/s)	81.2	92	113	81.2	101.6	123.7	100	127	157	123	152	184	158	192	228	238	379	324
	塑化能力/(g/s)	10.6	11.9	14.7	11	13.8	16.8	15.8	20	24.7	19.4	24	29	23.8	28.8	34.3	31.1	36.5	42.3
	注射压力/MPa	206	183	149	206	165	135	202	159	140	210	170	141	205	169	142	213	182	157
	螺杆转速/(r/min)	0~220			0~220			0~185			0~150			0~160			0~180		
合模部分	锁模力/kN	800			1100			1500			2000			2500			3000		
	移模行程/mm	310			345			420			470			540			600		
	拉杆内距(水平/mm×垂直/mm)	365×365			400×400			460×460			510×510			570×570			660×660		
	最大模厚/mm	360			430			500			510			570			660		
	最小模厚/mm	150			150			180			200			220			250		
	顶出行程/mm	100			120			140			130			130			160		
	顶出力/kN	33			33			33			62			62			62		
	顶出杆根数	5			5			5			9			9			13		
	定位孔径/mm	125			125			125			160			160			160		
	喷嘴移出量/mm	50			50			50			50			50			50		
	喷嘴球半径/mm	10			10			10			10			10			10		
	喷嘴孔径/mm	3			3			3			3			3			3		
电气	液压泵最大压力/MPa	16			16			16			16			16			16		
	液压泵电动机/kW	11			13			15			18.5			22			30		
	电热功率/kW	5.7			5.7			7.35			12.45			14.85			17.25		
其他	外形尺寸(长/m×宽/m×高/m)	4.3×1.25×1.8			4.7×1.3×1.85			5.1×1.4×1.9			5.3×1.6×2.1			5.6×1.7×2.1			6.3×2.0×2.4		
	质量/t	3.22			3.4			4.9			6.8			8			11		
	料斗容积/L	25			25			25			50			50			50		
	油箱容积/L	200			210			240			300			450			580		

（续）

项目	型号	HTF360X/1			HTF450X/1			HTF530X/1				HTF650X/1				HTF780X/1			
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
注射部分	螺杆直径/mm	65	70	75	70	80	84	75	84	90	100	80	90	100	110	90	100	110	120
	螺杆长径比(L/D)	21.5	20	18.7	22.9	20	19	23.4	21	19.6	17.6	24.8	22	19.8	18	24.4	22	20	18.3
	理论注射容量/cm^3	1068	1239	1423	1424	1860	2050	1749	2195	2519	3110	2036	2576	3181	3849	2799	3456	4181	4976
	注射质量/g	972	1127	1295	1296	1693	1866	1592	1997	2292	2830	1853	2344	2895	3503	2547	3145	3805	4528
	注射速率/(g/s)	332.1	368	394.7	352	460	507	394	494	567	700	428	541	668	808	542	669	809	963
	塑化能力/(g/s)	41.2	44.9	49	44.9	58.7	64.7	52	65.3	74.9	92.5	56.7	71.8	88.6	107.3	69	85.2	103.1	122.7
	注射压力/MPa	208	180	156	204	156	141	205	163	142	115	224	177	143	118	228	184	152	128
	螺杆转速/(r/min)	0～180			0～160			0～130				0～130				0～110			
合模部分	锁模力/kN	3600			4500			5300				6500				7800			
	移模行程/mm	610			740			820				900				980			
	拉杆内距(水平/mm×垂直/mm)	710×710			780×780			820×820				895×895				980×980			
	最大模厚/mm	710			780			820				900				980			
	最小模厚/mm	250			330			350				400				400			
	顶出行程/mm	160			200			200				260				260			
	顶出力/kN	110			110			158				175				186			
	顶出杆根数	13			13			17				17				21			
	定位孔径/mm	160			200			200				200				250			
	喷嘴移出量/mm	50			50			50				50				50			
	喷嘴球半径/mm	15			15			15				15				20			
	喷嘴孔径/mm	4			4			4				4				4			
电气	液压泵最大压力/MPa	16			16			16				16				16			
	液压泵电动机/kW	37			45			55				30+30				37+37			
	电热功率/kW	19.65			23.85			41.85				46.45				58.45			
其他	外形尺寸(长/m×宽/m×高/m)	6.9×2.1×2.5			7.9×2.3×3.2			8.9×2.3×3.7				9.9×2.4×3.8				10.5×2.6×3.8			
	质量/t	15			19			30				36				45			
	料斗容积/L	100			100			200				200				200			
	油箱容积/L	922			1050			1250				1487				1778			

（续）

项目	型号	HTF1000X/1				HTF1250X/1				HTF1600X/1				HTF2000X/1				HTF2800X/1		HTF3600X/1
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	B
注射部分	螺杆直径/mm	100	110	120	130	110	120	130	140	120	130	140	150	130	140	150	160	170	200	240
	螺杆长径比(L/D)	24.2	22	20.2	18.6	26.2	24	22.2	20.6	26	24	22.3	20.8	25.8	24	22.4	21	23.5	20	22
	理论注射容量/cm^3	3770	4562	5429	6371	5227	6220	7300	8467	6661	7818	9067	10408	8349	9683	11115	12647	19293	35154	56549
	注射质量/g	3431	4151	4940	5798	4757	5660	6643	7705	6062	7114	8251	9471	7598	8812	10115	11509	17557	31990	51460
	注射速率/(g/s)	660	799	951	1116	793	944	1108	1285	893	1048	1216	1395	990	1148	1318	1499	1779	2095	2717
	塑化能力/(g/s)	88.3	100.8	120	140.8	103	122.6	143.9	166.9	125.8	147.6	171.2	196.5	144.3	167.4	192.2	218.6	188	284	368
	注射压力/MPa	211	174	146	125	205	172	147	126	193	164	142	123	189	163	142	125	161	137	158
	螺杆转速/(r/min)	0～110				1～90				0～99				0～87				0～45		0～40
合模部分	锁模力/kN	10000				12500				16000				20000				28000		36000
	移模行程/mm	1100				1250				1480				1560				2000		2250
	拉杆内距(水平/mm×垂直/mm)	1090×1090				1250×1250				1500×1350				1650×1500				1900×1750		2200×2000
	最大模厚/mm	1100				1250				1400				1560				1900		2100
	最小模厚/mm	500				550				700				780				1000		1100
	顶出行程/mm	320				320				350				400				450		550
	顶出力/kN	215				215				318				430				430		550
	顶出杆根数	21				21				29				33				33		25
	定位孔径/mm	250				250				315				315				315		315
	喷嘴移出量/mm	50				50				40				40				50		60
	喷嘴球半径/mm	20				20				20				20				20		20
	喷嘴孔径/mm	6				6				8				8				10		10
电气	液压泵最大压力/MPa	16				16				16				16				16		16
	液压泵电动机/kW	45+45				55+55				45+45+45				45+55+55				55+55+55+55		55×6
	电热功率/kW	68.45				85.25				91.9				110.7				166.05		269.35
其他	外形尺寸(长/m×宽/m×高/m)	11.9×2.8×4.0				13.1×3.1×4.1				14.4×3.5×4.2				15.7×3.7×4.3				18.3×3.92×5.1		24×4.5×5.5
	质量/t	56				65				100				145				190		300
	料斗容积/L	200				400				400				400				400		400
	油箱容积/L	2306				2400				2500				3070				4425		5780

注：海天系列注塑机技术参数由浙江宁波海天机械有限公司提供。

表 4-11　日本三菱 MF 系列注塑机主要技术参数

项目				350MF—40		450MF—40		450MF—60		450MF—80	
				标准型	省电力型	标准型	省电力型	标准型	省电力型	标准型	省电力型
合模部分	锁模力/kN			3500		4500					
	开模力/kN			241		318					
	合模速度①/(m/min)			40	31	30(37)	23	37	30	37	37
	开模速度①/(m/min)			40	31	30(37)	23	37	30	37	37
	模板尺寸(长/mm×宽/mm)			970×970		1150×1150					
	拉杆间距(水平/mm×垂直/mm)			680×680		810×810					
	合模行程/mm			800		900					
	压板间距(带脱模箱)/mm			1250		1400					
	最小模具厚度(带脱模箱)/mm			450		500					
	油压脱模销	挤出力/kN		80		150					
		行程/mm		125		150					
注射部分	理论注射容量/cm^3			1120		1120		1610		2110	
	注射质量②/g	聚乙烯	理论	1030		1030		1480		1940	
			实际	830		830		1190		1560	
	塑化容量(聚苯乙烯①②)/(kg/h)			190	160	190(250)	160	225	170	325	235
	注射压力/MPa			161		161		161.2		161	
	注射速率①/(cm^3/s)	标准带聚料器(选购件)		350	265	350(430)	265	425	345	545	430
				350	465	550(630)	465	675	595	795	680
	螺杆直径/mm			62		62		70		80	
	螺杆转速①/(r/min)	高速(无级变速)		169	141	168(225)	141	148	111	153	112
		低速(无级变速)		101	85	101(134)	85	88	66	92	67
	料斗容量(选购件)/kg			50		50		50		50	
其他部分	液压泵用电动机功率/kW			45	37	45(60)	37	60	45	75	60
	螺杆机筒用加热器功率/kW			15.2		15.2		19.6		25	
	工作油容量/L			900		1050		1050		1050	
	外形尺寸(长/m×宽/m×高/m)			1.8×7.7×1.85		8.55×2.5×3.05		3.75×2.50×3.05		9.00×2.55×3.05	
	大约质量/t			15.1		21.6		22.8		23.1	

（续）

部分	项目			550MF—60		550MF—80		550MF—110		650MF—80	
				标准型	省电力型	标准型	省电力型	标准型	省电力型	标准型	省电力型
合模部分	锁模力/kN			5500						6500	
合模部分	开模力/kN			369						463	
合模部分	合模速度①/(m/min)			38	35	38	35	38	38	24	29
合模部分	开模速度①/(m/min)			38	35	38	35	38	38	24	29
合模部分	模板尺寸(长/mm×宽/mm)			12500×12500						1350×1350	
合模部分	拉杆间距(水平/mm×垂直/mm)			850×850						930×930	
合模部分	合模行程/mm			1000						1150	
合模部分	压板间距(带脱模箱)/mm			1600						1800	
合模部分	最小模具厚度(带脱模箱)/mm			600						650	
合模部分	油压脱模销	挤出力/kN		150						210	
合模部分	油压脱模销	行程/mm		150						200	
注射部分	理论注射容量/cm^3			1610		2110		3140		2110	
注射部分	注射质量②/g	聚乙烯	理论	1480		1940		2890		1940	
注射部分	注射质量②/g	聚乙烯	实际	1190		1560		2320		1560	
注射部分	塑化容量(聚苯乙烯①②)/(kg/h)			280	195	295	210	385	320	295	250
注射部分	注射压力/MPa			161.2		161		161		161	
注射部分	注射速率①/(cm^3/s)	标准带聚料器(选购件)		505	405	505	470	585	505	585	485
注射部分	注射速率①/(cm^3/s)	标准带聚料器(选购件)		755	715	755	720	885	805	835	735
注射部分	螺杆直径/mm			70		80		90		80	
注射部分	螺杆转速①/(r/min)	高速(无级变速)		183	129	139	100	135	112	139	118
注射部分	螺杆转速①/(r/min)	低速(无级变速)		109	77	83	59	81	67	83	71
注射部分	料斗容量(选购件)/kg			50		50		50		50	
其他部分	液压泵用电动机功率/kW			75	67	75	67	90	75	82	75
其他部分	螺杆机筒用加热器功率/kW			19.6		25		31.6		25	
其他部分	工作油容量/L			1150		1150		1150		1400	
其他部分	外形尺寸(长/m×宽/m×高/m)			9.05×2.55×3.10		9.25×2.50×3.10		9.75×2.60×3.10		9.80×2.60×3.15	
其他部分	大约质量/t			27.2		27.5		28.8		32.5	

（续）

项目				650MF—110		650MF—160		850MF—110		850MF—160	
				标准型	省电力型	标准型	省电力型	标准型	省电力型	标准型	省电力型
合模部分	锁模力/kN			6500				8500			
合模部分	开模力/kN			463				613			
合模部分	合模速度①/(m/min)			40	37	37	40	30	28	32	30
合模部分	开模速度①/(m/min)			40	37	37	40	30	28	32	30
合模部分	模板尺寸(长/mm×宽/mm)			1350×1350				1520×1520			
合模部分	拉杆间距(水平/mm×垂直/mm)			930×930				1050×1050			
合模部分	合模行程/mm			1150				1400			
合模部分	压板间距(带脱模箱)/mm			1800				2100			
合模部分	最小模具厚度(带脱模箱)/mm			650				700			
合模部分	油压脱模销	挤出力/kN		210				210			
合模部分	油压脱模销	行程/mm		200				200			
注射部分	理论注射容量/cm^3			3140		4540		3140		4540	
注射部分	注射质量②/g	聚乙烯	理论	2890		4180		2890		4180	
注射部分	注射质量②/g	聚乙烯	实际	2320		3360		2320		3360	
注射部分	塑化容量(聚苯乙烯①②)/(kg/h)			465	415	540	435	465	415	540	435
注射部分	注射压力/MPa			161		157.8		161		157.8	
注射部分	注射速率①/(cm^3/s)	标准带聚料器(选购件)		690	635	855	705	690	635	855	705
注射部分	注射速率①/(cm^3/s)	标准带聚料器(选购件)		990	935	1155	1005	990	935	1155	1055
注射部分	螺杆直径/mm			90		105		90		105	
注射部分	螺杆转速①/(r/min)	高速(无级变速)		164	147	130	104	164	147	130	104
注射部分	螺杆转速①/(r/min)	低速(无级变速)		98	88	75	60	98	88	75	60
注射部分	料斗容量(选购件)/kg			50		50		50		50	
其他部分	液压泵用电动机功率/kW			115	97	140	115	115	97	140	115
其他部分	螺杆机筒用加热器功率/kW			31.6		45		31.6		45	
其他部分	工作油容量/L			1400		1400		1600		1600	
其他部分	外形尺寸(长/m×宽/m×高/m)			10.30×2.65×3.15		10.80×2.65×3.15		10.95×2.75×3.30		11.45×2.75×3.30	
其他部分	大约质量/t			33.8		34.5		41.9		42.6	

（续）

项目				850MF—240		1250MF—160	1250MF—240	1250MF—340
				A	B	A	A	A
合模部分	锁模力/kN			8500		12500		
	开模力/kN			613		870		
	合模速度①/(m/min)			35	32	38		
	开模速度①/(m/min)			35	32	38		
	模板尺寸(长/mm×宽/mm)			1520×1520		1900×1800		
	拉杆间距(水平/mm×垂直/mm)			1050×1050		1300×1200		
	合模行程/mm			1400		1650		
	压板间距(带脱模箱)/mm			2100		2500		
	最小模具厚度(带脱模箱)/mm			700		850		
	油压脱模销	挤出力/kN		210		430		
		行程/mm		200		250		
注射部分	理论注射容量/cm^3			6785		4540	6780	9650
	注射质量②/g	聚乙烯	理论	6240		4180	6240	8880
			实际	5020		3360	5020	7140
	塑化容量(聚苯乙烯①②)/(kg/h)			650	520	540	640(535)	680
	注射压力/MPa			161		161	161	161
	注射速率①/(cm^3/s)	标准带聚料器(选购件)		895	835	860	1160	1150
				1195	1135	—	—	—
	螺杆直径/mm			120		105	120	135
	螺杆转速①/(r/min)	高速(无级变速)		114	90	130	110	100
		低速(无级变速)		89(57)	71(46)	75	86(56)	63(42)
	料斗容量(选购件)/kg			50		50		
其他部分	液压泵用电动机功率/kW			165	140	155	165	187
	螺杆机筒用加热器功率/kW			53.2		45	53.2	65
	工作油容量/L			1600		381		
	外形尺寸(长/m×宽/m×高/m)			12.08×2.75×3.30		12.1×3.3×3.7	12.8×3.3×3.7	13.6×3.3×3.7
	大约质量/t			46		70	73	74

① 该项目为使用60Hz电源时的数值，使用50Hz时，其数值为表中的5/6。

② 注塑质量和塑化容量随所用树脂和成型条件等的不同而异。

4.3　注塑机的基本参数

注塑机的主要参数有公称注塑量、注射压力、注射速率、塑化能力、锁模力、合模装置的基本尺寸、开合模速度、空循环时间等。

这些参数是设计、制造、购置和使用注塑机的主要依据。

1. 公称注塑量

公称注塑量是指在对空注射的条件下，注射螺杆或柱塞作一次最大注射行程时，注射装置所能达到的最大注塑量。公称注塑量在一定程度上反映了注塑机的加工能力，标志着能成型的最大塑料制件，因而经常被用来表征机器规格。注塑量一般有两种表示方法：一种是以聚苯乙烯为标准，用注射出熔料的质量（单位：g）表示；另一种是用注射出熔料的容量（单位：cm^3）表示。我国注塑机系列标准采用后一种表示方法。系列标准规定有 $30cm^3$、$60cm^3$、$125cm^3$、$250cm^3$、$350cm^3$、$500cm^3$、$1000cm^3$、$2000cm^3$、$3000cm^3$、$4000cm^3$、$6000cm^3$、$8000cm^3$、$12000cm^3$、$16000cm^3$、$24000cm^3$、$32000cm^3$、$48000cm^3$、$64000cm^3$ 等规格的注塑机。我国注塑机的表示方法：如 XS-ZY-500，即表示公称注塑量为 $500cm^3$ 的螺杆式（Y）塑料（S）注塑成型（X）机。

公称注塑量即实际最大注塑量。还有一个理论最大注塑量，其表达式为

$$Q_{理} = \frac{\pi}{4}D^2S \tag{4-1}$$

式中　$Q_{理}$——理论最大注塑量（cm^3）；

D——螺杆或柱塞的直径（cm）；

S——螺杆或柱塞的最大行程（cm）。

该式说明，理论上直径为 D 的螺杆移动 S，应当射出 $Q_{理}$ 的注塑量。但是，在注射时有少部分熔料在压力作用下回流，以及为了保证塑化质量和在注射完毕后保压时补缩的需要，故实际注塑量要小于理论注塑量。为描述二者的差别，引入射出系数 α，即

$$Q_{公称} = \alpha Q_{理} = \alpha\frac{\pi}{4}D^2S \tag{4-2}$$

影响射出系数的因素很多，如螺杆的结构和参数、注射压力和注射速度、背压的大小、模具的结构、制件的形状和塑料的特性等。对采用止回环的螺杆头，射出系数 α 一般在 0.75 ~ 0.85 之间。对那些热扩散系数小的塑料，α 取小值；反之取大值。通常取 0.8。

2. 注射压力

为了克服熔料流经喷嘴、流道和型腔时的流动阻力，螺杆（或柱塞）对熔料必须施加足够的压力，我们将这种压力称为注射压力。注射压力的大小与流动

阻力、制件的形状、塑料的性能、塑化方式、塑化温度、模具温度及对制件精度要求等因素有关。

注射压力的选取很重要。注射压力过高，制件可能产生飞边，脱模困难，影响制件的表面粗糙度，使制件产生较大的内应力，甚至成为废品，同时还会影响到注射装置及传动系统的设计。注射压力过低，则易产生物料充不满型腔，甚至根本不能成型等现象。注射压力的大小要根据实际情况选用。例如，加工黏度低、流动性好的低密度聚乙烯、聚酰胺之类的塑料，其注射压力可选用 35～55MPa；加工中等黏度的塑料（如改性聚苯乙烯、聚碳酸酯等），形状一般，但有一定的精度要求的制件，注射压力可选 100～140MPa；对聚砜、聚苯醚之类高黏度工程塑料的注射成型，又属于薄壁长流程、厚度不均和精度要求严格的制件，其注射压力大约选在 140～170MPa 范围内；加工优质精密微型制件时，注射压力可用到 230～250MPa 以上。

为了满足加工不同塑料对注射压力的要求，一般注塑机都配备三种不同直径的螺杆（或用一根螺杆而更换螺杆头）。采用中间直径的螺杆，其注射压力范围在 100～130MPa；采用大直径的螺杆，注射压力在 65～90MPa 范围内；采用小直径的螺杆，其注射压力在 120～180MPa 的范围内。

注射压力的计算如下：

$$p=\frac{\frac{\pi}{4}D_0^2p_0}{\frac{\pi}{4}D^2}=\left(\frac{D_0}{D}\right)^2\times p_0 \tag{4-3}$$

式中　p_0——油压（MPa）；

D_0——注射液压缸内径（cm）；

D——螺杆（柱塞）外径（cm）。

由于注射液压缸活塞施加给螺杆的最大推力是一定的，故改变螺杆直径时，便可相应改变注射压力。不同直径的螺杆和注射压力的关系为

$$D_n=D_1\sqrt{\frac{p_1}{p_n}} \tag{4-4}$$

式中　D_1——第一根螺杆的直径（一般指中间螺杆即加工聚苯乙烯的螺杆的直径）（mm）；

p_1——第一根螺杆的注射压力（MPa）；

p_n——所换用螺杆取用的注射压力（MPa）；

D_n——所换用螺杆的直径（mm）。

3. 注射速率（注射时间、注射速度）

注射时，为了使熔料及时充满型腔，除了必须有足够的注射压力外，熔料还

必须有一定的流动速度。描述这一参数可用注射速率、注射时间或注射速度。

所谓注射速率、注射速度、注射时间可用下面二式定义

$$q_{注} = \frac{Q_{公称}}{\tau_{注}} \tag{4-5}$$

$$v_{注} = \frac{S}{\tau_{注}} \tag{4-6}$$

式中　$q_{注}$——注射速率（cm^3/s）；

$Q_{公称}$——公称注塑量（cm^3）；

$\tau_{注}$——注射时间（s）；

$v_{注}$——注射速度（mm/s）；

S——注射行程，即螺杆移动距离（mm）。

可见，注射速率是将公称注塑量的熔料在注射时间内注射出去，单位时间内所达到的体积流率；注射速度是指螺杆或柱塞的移动速度；而注射时间，即螺杆（或柱塞）射出一次公称注塑量所需要的时间。

注射速率、注射速度或注射时间的选定很重要，直接影响到制件的质量和生产率。注射速率过低（即注射时间过长），制件易形成冷接缝，不易充满复杂的型腔。合理地提高注射速率，能缩短生产周期，减小制件的尺寸偏差，能在较低的模温下顺利地获得优良的制件。特别是在成型薄壁、长流程制件及低发泡制件时，采用高的注射速率，能获得优良的制件。因此，目前有提高注射速率的趋势。$1000cm^3$ 以下的中小型螺杆式注塑机注射时间通常在 3 ~ 5s，大型或超大型注射机也很少超过 10s。表 4-12 列出了目前注射速率的数值，供参考。但是，注射速率也不能过高，否则塑料高速流经喷嘴时，易产生大量的摩擦热，使物料发生热解和变色，型腔中的空气由于被急剧压缩产生热量，在排气口处有可能出现制件烧伤现象。一般说来，注射速率应根据工艺要求、塑料的性能、制件的形状及壁厚、浇口设计以及模具的冷却情况来选定。

表 4-12　目前常用的注射速率

注塑量/cm^3	125	250	500	1000	2000	4000	6000	10000
注射速率/(cm^3/s)	125	200	333	570	890	1330	1600	2000
注射时间/s	1	1. 25	1. 5	1. 75	2. 25	3	3. 75	5

为了提高注射制件的质量，尤其对形状复杂制件的成型，近年来发展了变速注射，即注射速度是变化的，其变化规律根据制件的结构形状和塑料的性能决定。

4. 塑化能力

塑化能力是指单位时间内所能塑化的物料量。显然，注塑机的塑化装置应该

在规定的时间内，保证能够提供足够量的塑化均匀的熔料。塑化能力应与注塑机的整个成型周期配合协调。若塑化能力高而机器的空循环时间太长，则不能发挥塑化装置的能力；反之，则会加长成型周期。目前注塑机的塑化能力有了较大的提高。

由挤出理论可知，提高螺杆转速、增大驱动功率、改进螺杆的结构形式等都可以提高塑化能力和改进塑化质量。

螺杆预塑式塑化装置的塑化能力，可用挤出理论中所介绍的熔体输送量的计算公式计算，亦可用经验公式估算。

5. 锁模力

锁模力是指注塑机的合模机构对模具所能施加的最大夹紧力。在此力的作用下，模具不应被熔融的塑料所顶开。锁模力同公称注塑量一样，也在一定程度上反映出机器所能加工制件的大小，是一个重要参数，所以有的国家采用最大锁模力作为注塑机的规格标称。

为使注射时模具不被熔融的塑料顶开，锁模力（见图4-10）应为

$$F > KpA \tag{4-7}$$

式中　F——锁模力（N）；

p——注射压力（MPa）；

A——制件在模具分型面上的投影面积（cm^2）；

K——考虑到压力损失的折算系数，一般在0.4～0.7之间选取。对黏度小的塑料（如尼龙），取0.7；对黏度大的塑料（如聚氯乙烯），取0.4。模具温度高时取大值，模具温度低时取小值。

有的资料把上式中 p 理解为模具型腔内熔料的平均压力，它是由实验测得的型腔内熔料总的作用力和制件在模具分型面上投影面积的比值，而把 K 称为安全系数，一般取1～2。

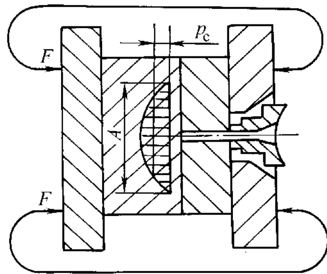


图4-10　型腔压力和锁模力

型腔内熔料的平均压力是一个比较难取的数值，这是因为它受各种因素的影响。这些因素包括注射压力、塑料黏度、成型工艺条件、制件形状和精度要求、喷嘴和流道形式，以及模具的温度等。

对一般用途的螺杆式注射机，平均型腔压力为20MPa左右，柱塞式注塑机要高些。加工黏度高的塑料、精度要求高的制件，型腔压力可达30～45MPa。表4-13列出了加工不同制件、不同塑料时，通常所选用的平均型腔压力的数值，供参考。

平均型腔压力的大小，涉及对锁模力的要求，也影响合模机构的设计。我国

注塑机系列标准是根据平均型腔压力为 25MPa 确定锁模力的。

表 4-13　通常所选用的平均型腔压力

制件要求，物料特性	平均型腔压力/MPa	举　　例
易于成型的制件	25	聚乙烯、聚苯乙烯等厚壁均匀的日用品、容器类等
普通制件	30	薄壁容器类
高黏度料、制件精度高	35	ABS、聚甲醛等工业机械零件，精度高的制件
黏度特别高、制件精度高	40	高精度的机械零件

近年来国外注塑机的锁模力有普遍降低的趋势，这是由于改进了注射螺杆的结构设计从而提高了塑化质量，对注塑量施行了精确控制，改善了注射速度并对其实现了程序控制，改进了合模装置，改善了螺杆和模具的制造精度和表面粗糙度等。

6. 合模装置的基本尺寸

合模装置的基本尺寸包括模板尺寸、拉杆空间、模板间最大开距、动模板的行程、模具最大厚度与最小厚度等。这些参数规定了机器加工制件所使用的模具尺寸范围，亦是衡量合模装置好坏的参数。

（1）模板尺寸及拉杆间距　我国注塑机系列标准规定以装模方向的拉杆中心距代表模板的尺寸，而规定垂直方向两拉杆之间的距离与水平方向两拉杆之间的距离为拉杆间距。显然这两个尺寸都涉及到所用模具的大小。因此，模板尺寸及拉杆间距应满足机器规格范围内常用模具尺寸的要求。模板尺寸与成型面积有关。

目前有增大模板面积的趋势（特别是中小型机器），以适应加工投影面积较大的制件及自动化模具的安装要求。

（2）模板间最大开距　模板间最大开距是指定模板与动模板之间能达到的最大距离（包括调模行程在内），如图 4-11 所示。为使成型后的制件顺利取出，模板最大开距 L 一般为成型制件最大高度 h 的 3 ~ 4 倍。据统计，模板最大开距 L（cm）与公称注射量 $Q_{公称}$（cm^3）常有如下关系：

$$L = 125Q_{公称}^{\frac{1}{3}} \tag{4-8}$$

（3）动模板行程　动模板行程是指动模板行程的最大值，一般用 S 表示（见图 4-11）。为了便于取出制件，S 一般大于制件最大高度 h 的两倍，即

$$S > 2h$$

而

$$L > (1.5 \sim 2)S$$

为了减少机械磨损和动力消耗，成型时尽量使用最短的模板行程。

（4）模具最小厚度与最大厚度　模具最小厚度 δ_{min} 和模具最大厚度 δ_{max} 系指

动模板闭合后，达到规定锁模力时动模板和定模板间的最小和最大距离（见图4-11）。如果模具的厚度小于规定的δ_{min}，装模时应加垫板，否则会不能实现最大锁模力，或损坏机件；如果模具的厚度大于δ_{max}，装模具后也不可能达到最大的锁模力。

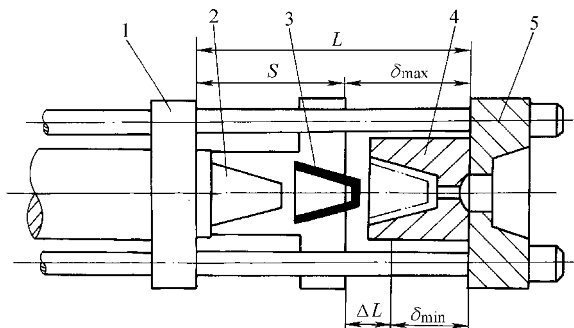


图4-11　模板间最大开距

1—动模板　2—凸模　3—制件　4—凹模　5—定模板

δ_{max}和δ_{min}之差即调模装置的最大可调行程。

7. 开合模速度

为使模具闭合时平稳，以及开模、推出制件时不使塑料制件损坏，要求模板慢行，但模板又不能在全行程中都慢速运行，这样会降低生产率。因此，在每一个成型周期中，模板的运行速度是变化的。即在合模时从快到慢，开模时则由慢到快再慢。

目前国产注塑机的动模板移动速度，高速为12～22m/min，低速为0.24～3m/min。随着生产的高速化，动模板的移动速度，高速已达25～35m/min，有的甚至可达60～90m/min。

8. 空循环时间

空循环时间是在没有塑化、注射保压、冷却、取出制件等动作的情况下，完成一次循环所需要的时间（s）。它由合模、注射座前进和后退、开模以及动作间的切换时间所组成。

空循环时间是表征机器综合性能的参数，它反映了注塑机机械结构的好坏、动作灵敏度、液压系统和电气系统性能的优劣（如灵敏度、重复性、稳定性等）。空循环时间也是衡量注塑机生产能力的指标。

近年来，由于注射、移模速度的提高和采用了先进的液压电气系统，空循环时间已大为缩短，即空循环次数大为提高。

以上简要地介绍了注塑机的基本参数。注射的其他技术参数，如注塑机的功率、开模力、注射座推力、液压马达最大转矩等，就不一一介绍了。

4.4　注塑工艺参数的校核

为了使注塑成型过程顺利进行，须对以下工艺参数进行校核。

1. 最大注塑量的校核

为确保塑件质量，注塑模一次成型的塑料质量（塑件和流道凝料质量之和）应在公称注塑量的 35% ~75% 范围内，最大可达 80%，最小应不小于 10%。为了保证塑件质量，充分发挥设备的能力，选择范围通常在 50% ~80%。

2. 注射压力的校核

所选用注塑机的注射压力须大于成型塑件所需的注射压力。成型所需的注射压力与塑料品种、塑件形状及尺寸、注塑机类型、喷嘴及模具流道的阻力等因素有关。根据经验，成型所需注射压力大致如下：

1）塑料熔体流动性好，塑件形状简单、壁厚，所需注射压力一般小于 70MPa。

2）塑料熔体黏度较低，塑件形状复杂度一般，精度要求一般，所需注射压力通常选为 70 ~100MPa。

3）塑料熔体具有中等黏度（改性 PS、PE 等），塑件形状复杂度一般，有一定精度要求，所需注射压力选为 100 ~140MPa。

4）塑料熔体具有较高黏度（PMMA、PPO、PC、PSF 等），塑件壁薄、尺寸大，或壁厚不均匀，尺寸精度要求严格，所需注射压力约在 140 ~180MPa 范围。

实际上，热塑性塑料注塑成型所需注射压力，可通过理论分析，如用澳大利亚的 Moldflow 软件、美国的 C-mold 软件及国内郑州大学的 Z-MOLD 软件、华中科技大学的 HS-FLOW 软件等，进行流动模拟分析确定更为合理、准确。

3. 锁模力校核

高压塑料熔体充满型腔时，会产生使模具沿分型面分开的胀模力，此胀模力的大小等于塑件和流道系统在分型面上的投影面积与型腔内压力的乘积。胀模力必须小于注塑机额定锁模力，如图 4-10 所示。图中型腔压力 p_c 可按下式粗略计算：

$$p_c = \kappa p \tag{4-9}$$

式中　p_c——型腔压力（MPa）；

p——注射压力（MPa）；

κ——压力损耗系数，随塑料品种、浇注系统结构、尺寸、塑件形状、成型工艺条件以及塑件复杂程度不同而异，通常在 0.25 ~0.5 范围内选取。

根据经验，型腔压力 p_c 常取 20 ~40MPa。

通常根据塑料品种及塑件复杂程度，或精度的不同，选用的型腔压力可从相

关的工程手册中查得。

型腔平均压力 p_c 决定后，可以按下式校核注塑机的额定锁模力：

$$F > Kp_cA \tag{4-10}$$

式中 F——注塑机额定锁模力（kN）；

A——制件和流道系统在分型面上的总投影面积（mm^2）；

K——安全系数，通常取 1.1 ~ 1.2。

于是，注塑机的最大成型（投影）面积为

$$A < F/(Kp_c) \tag{4-11}$$

4.5 模具安装尺寸的校核

主要的校核项目有：喷嘴尺寸、定位圈尺寸、模具外形尺寸及模具厚度等。

1. 喷嘴尺寸校核

注塑模浇口套始端凹坑的球面半径 R_2 应大于注塑机喷嘴球头半径 R_1，以利用同心和紧密接触，通常取 $R_2 = R_1 + (0.5 \sim 1)$ mm 为宜，否则主流道内凝料无法脱出，如图 4-12 所示。主流道的始端直径 d_2 应大于注塑机喷嘴孔直径 d_1，通常取 $d_2 = d_1 + (0.5 \sim 1)$ mm，以利于塑料熔体流动。

2. 定位圈尺寸校核

注塑机固定模板台面的中心有一规定尺寸的孔，称之为定位孔。注塑模端面凸台径向尺寸须与定位孔成间隙配合，便于模具安装，并使主流道的中心线与喷嘴的中心线相重合。模具端面凸台高度应小于定位孔深度。

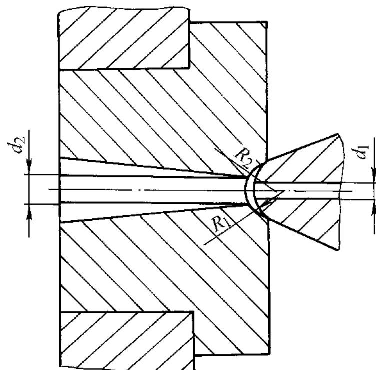


图 4-12 喷嘴尺寸的校验

3. 模具外形尺寸校核

注塑模外形尺寸应小于注塑机工作台面的有效尺寸。模具长宽方向的尺寸要与注塑机拉杆间距相适应，模具至少有一个方向的尺寸能穿过拉杆间的空间装在注塑机工作台面上。

图 4-13 所示为注塑机模座外形尺寸和拉杆位置，注塑机模座尺寸为 $H \times B$，拉杆间距为 $H_0 \times B_0$，它们是表示模具安装面积的主要参数。注塑模具的最长边应小于 $\min\{H, B\}$，最短边应小于 $\min\{H_0, B_0\}$，如图 4-14 所示。

4. 模具厚度校核

模具厚度（闭合高度）必须满足下式：

$$H_{min} \leqslant H_m \leqslant H_{max} \tag{4-12}$$

式中 H_m——所设计的模具厚度（mm）；

H_{min}——注塑机允许的最小模具厚度（mm）；
H_{max}——注塑机允许的最大模具厚度（mm）。

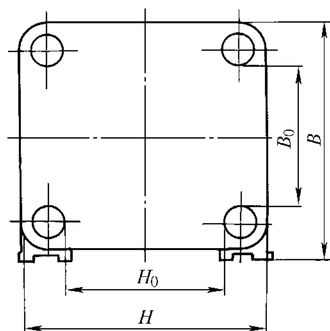


图 4-13　模具外形尺寸与拉杆位置

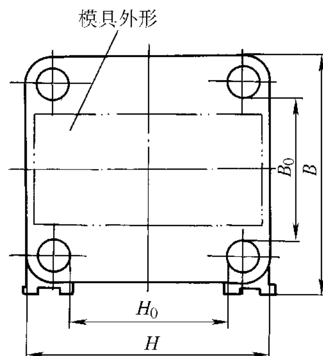


图 4-14　模具与注塑机模座尺寸关系

5. 模具安装尺寸校核

注塑机的动模板、定模板台面上有许多不同间距的螺钉孔或 T 形槽，用于安装固定模具。模具安装固定方法有两种：螺钉固定、压板固定。采用螺钉直接固定时（大型注塑模多用此法），模具动、定模板上的螺孔及其间距，必须与注塑机模板台面上对应的螺孔一致；采用压板固定时（中、小模具多用此法），只要在模具的固定板附近有螺孔就行，有较大的灵活性。

4.6　开模行程的校核

注塑机模座间距是指注塑机动模座和定模座之间的间距，如图 4-15 所示。S_k 是注塑机动模座与定模座之间的最大模座间距，注塑机模座行程 S 是指动模座在开闭模中实际移动的距离，模具闭合高度 H_m 是指模具合拢时的高度。

对于所选用的注塑机，模具的闭模高度必须满足

$$H_{min} \leqslant H_m \leqslant H_{max} \tag{4-13}$$

式中　H_{min}——注塑机允许的最小模具闭合高度，也就是最小模座间距（mm）；
H_{max}——最大模具闭合高度（mm）；
H_m——模具的实际闭合高度（mm）。

对液压式合模装置，注塑机模座最大间距 S_k 是个固定值，注塑机最大模座行程 S_{max} 在 ΔH 范围内可调；对液压机械式合模装置，注塑机最大模座行程 S_{max} 是个定值，模座最大间距 S_k 在 ΔH 范围内可调。

开模取出塑件所需的开模距离必须小于注塑机的最大开模行程。开模行程的校核有以下几种情况：

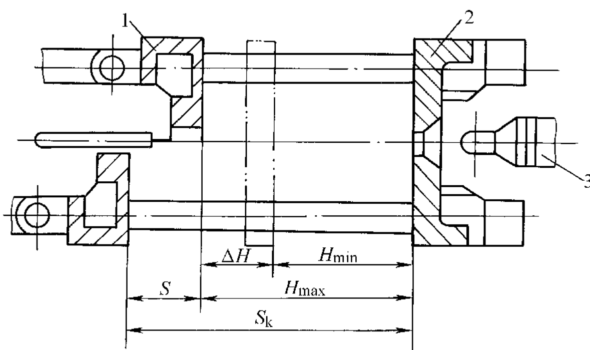


图 4-15　注塑机动、定模座之间的间距

1—动模座　2—定模座　3—喷嘴

1. 注塑机最大开模行程与模具厚度无关

液压-机械式合模机构注塑机的最大开模行程由曲肘机构的最大行程决定，与模具厚度无关。

1）对于单分型面注塑模具（见图 4-16），其开模行程按下式校核：

$$S \geqslant H_1 + H_2 + (5 \sim 10)\text{mm} \tag{4-14}$$

式中　S——注塑机最大开模行程（移动模板台面行程）（mm）；

H_1——塑件脱模距离（mm）；

H_2——包括流道凝料在内的塑件高度（mm）。

2）对于双分型面注塑模（见图 4-17），其开模行程按下式校核：

$$S \geqslant H_1 + H_2 + a + (5 \sim 10)\text{mm} \tag{4-15}$$

式中　a——定模座板与定模型腔板分开的距离（应足以取出流道凝料）（mm）。

塑件脱模距离 H_1 通常等于模具型芯高度，但对于内表面有阶梯状的塑件时，H_1 不必等于型芯高度，以能顺利取出塑件为准，如图 4-18 所示。

2. 注塑机最大开模行程与模具厚度有关

对于全液压式合模机构的注塑机，最大开模行程受到模具厚度的影响。此时最大开模行程等于注塑机移动、固定模板台面之间的最大距离 S_k 减去模具厚度 H_m。

1）对于单分型面注塑模，按下式校核：

$$S = S_k - H_m \geqslant H_1 + H_2 + (5 \sim 10)\text{mm} \tag{4-16}$$

$$S_k \geqslant H_m + H_1 + H_2 + (5 \sim 10)\text{mm} \tag{4-17}$$

2）对于双分型面注塑模，按下式校核：

$$S = S_k - H_m \geqslant H_1 + H_2 + a + (5 \sim 10)\text{mm} \tag{4-18}$$

$$S_k \geqslant H_m + H_1 + H_2 + a + (5 \sim 10)\text{mm} \tag{4-19}$$

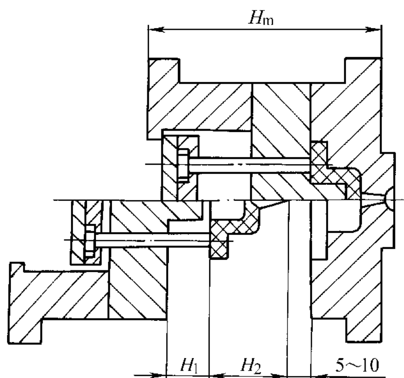


图 4-16　单分型面注塑模模座行程

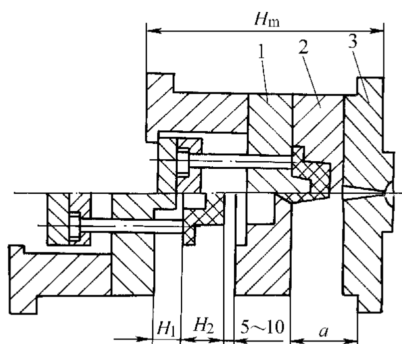


图 4-17　双分型面注塑模模座行程

1—动模板　2—浇口板　3—定模板

3. 有侧向抽芯的开模行程校核

当利用开模行程完成侧向抽芯时，开模行程的校核还应考虑完成抽拔距 L 而所需要的开模行程 H_c，如图 4-19 所示。

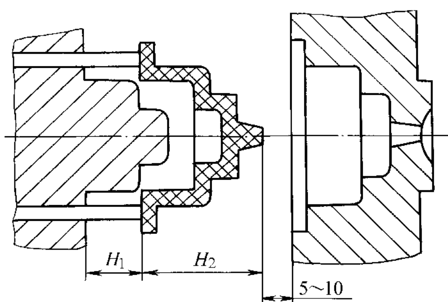


图 4-18　H_1 不等于型心高度的情况

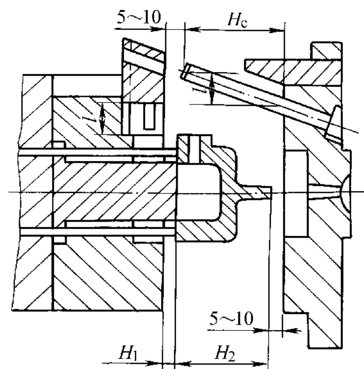


图 4-19　有侧向抽芯机构模具模座行程

当 $H_c > H_1 + H_2$ 时，开模行程应按下式校核：

$$S \geqslant H_c + (5 \sim 10)\,\text{mm} \qquad (4\text{-}20)$$

当 $H_c \leqslant H_1 + H_2$ 时，仍按式（4-14）～式（4-19）校核。

此外，各种型号注塑机的推出装置、推出形式和最大推出距离等各不相同，设计模具时应该与之相适应。

4. 推出行程的校核

注塑机动模座推杆大小、位置与模具推出装置相适应，注塑机推出装置的推出距离 D 应大于或等于塑件推出距离 H_1，如图 4-20 所示。

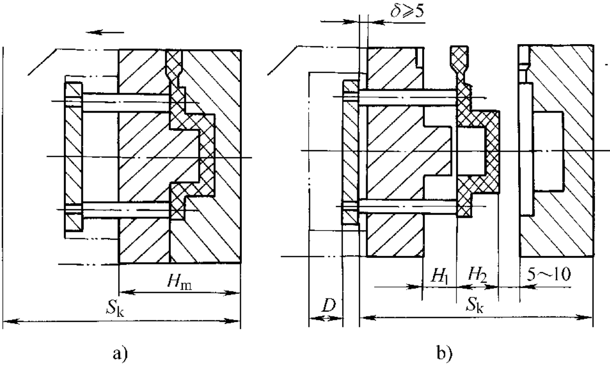


图 4-20 模具开模推出情况

a）开模前 b）开模后

第 5 章　注塑模设计

5.1　概述

注塑模主要被用于成型热塑性塑料制件，近来也广泛地用于成型热固性塑料制件。由于注塑模是成型塑料制件的一种重要工艺装备，所以在塑料制件的生产中起着关键的作用，而且塑件的生产与更新都是以模具的制造和更新为前提的。另外，注塑模具种类繁多，不仅不同塑件注塑件成型可用不同结构的模具，而且同一塑件也可用多种结构的模具注塑。模具设计的好坏直接影响着塑件的质量、生产效率、材料利用率、工人劳动强度、模具的使用寿命以及模具制造成本等，因此，要求模具设计者从中选择最佳的模具结构设计方案，以达到最佳效益。

设计注塑模时，既要考虑塑料熔体流动行为等塑料加工工艺要求方面的问题，又要考虑模具制造装配等模具结构方面的问题，归纳起来大致有以下几个方面：

1）了解塑料熔体的流动行为，考虑塑料在流道和型腔各处流动的阻力、流动速度，校验最大流动长度。根据塑料在模具内流动方向（即充模顺序），考虑塑料在模具内重新熔合和型腔内原有空气导出的问题。

2）考虑冷却过程中塑料收缩及补缩问题。

3）通过模具设计来控制在模具内的结晶和取向，以及改善制件的内应力。

4）进浇点和分型面的选择问题。

5）制件的横向分型抽芯及推出问题。

6）模具的冷却或加热问题。

7）模具有关尺寸与所用注塑机的关系，包括与注塑机的最大注塑量、锁模力、装模部分的尺寸等的关系。

8）模具总体结构和零件形状要简单合理，模具应具有适当的精度、表面粗糙度、强度和刚度，易于制造和装配。

以上这些问题，并非孤立存在，而是相互影响的，根据具体情况，应综合加以考虑。

5.2　分型面选择

塑料在模具型腔凝固形成塑件，为了将塑件取出来，必须将模具型腔打开，也就是必须将模具分成两部分，即定模和动模两大部分。简单地说，分型面就是

动模和定模或瓣合模的接触面，模具分开后由此可取出塑件或浇注系统。

1. 分型面与型腔的相对位置

分型面与成型塑件型腔的相对位置一般有四种基本形式，如图 5-1 所示。

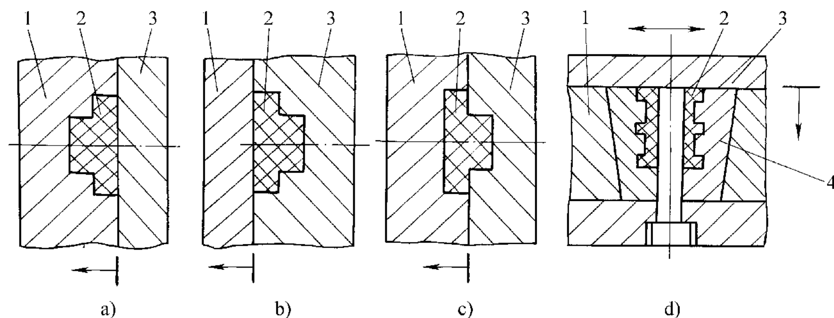


图 5-1 分型面与型腔的相对位置

1—动模 2—塑件 3—定模 4—瓣合模

1）塑件全部在动模内成型（见图 5-1a）。

2）塑件全部在定模内成型（见图 5-1b）。

3）塑件在动、定模内同时成型（见图 5-1c）。

4）塑件在多个瓣合模内成型（见图 5-1d）。

具体采用哪种形式要根据塑件的几何形状、浇注系统的合理安排，是否便于推出、是否利于排气，以及对塑件同轴度和外观质量要求的高低等因素综合加以考虑。

2. 分型面的选择

常见的分型面形状有平面、斜面、阶梯面、曲面，如图 5-2 所示。

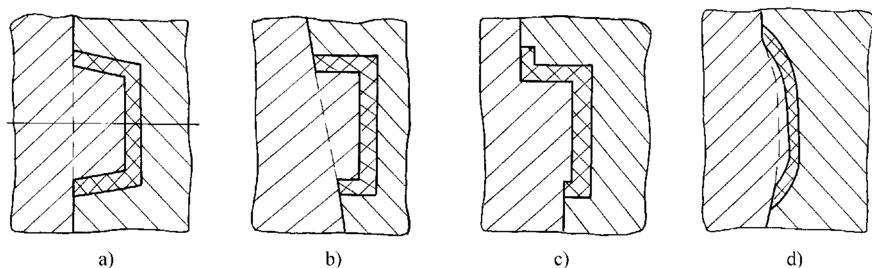


图 5-2 分型面的形状

a）平面 b）斜面 c）阶梯面 d）曲面

分型面的选择好坏对塑件质量、操作难易、模具结构及制造都有很大的影响，通常遵循以下原则：

（1）有利于脱模

1）分型面应取在塑件尺寸最大处。如图 5-3 所示，在 *A*—*A* 处设置分型面可顺利脱模，若将分型面设在 *B*—*B* 处则取不出塑件。

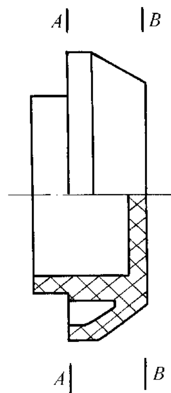


图 5-3　分型面取在尺寸最大处

2）分型面应使塑件留在动模部分。由于推出机构通常设置在动模一侧，将型芯设置在动模部分，塑件冷却收缩后包紧型芯，使塑件留在动模，这样有利于脱模，如图 5-4 所示。如果塑件的壁厚较大、内孔较小或者有嵌件时，为使塑件留在动模，一般应将凹模（型腔）也设在动模一侧，如图 5-5 所示。

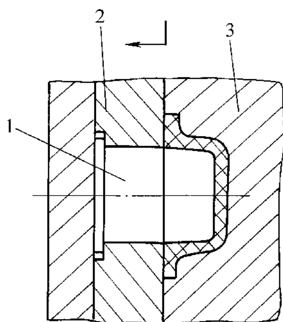


图 5-4　分型面应使塑件留在动模

1—型芯　2—动模　3—定模

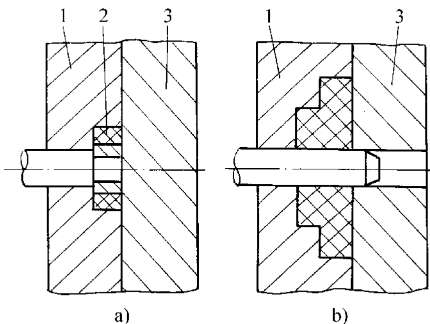


图 5-5　有嵌件或小孔的分型面

a）有嵌件　b）有小孔

1—动模　2—嵌件　3—定模

3）脱模斜度小或塑件较高时，为了便于脱模，可将分型面选在塑件的中间部位，如图 5-6 所示，但此时塑件外形有分型的痕迹。

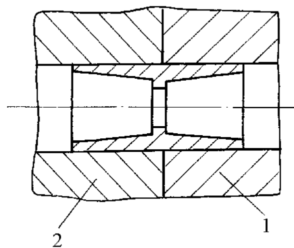


图 5-6　脱模斜度小、塑件较高的分型面

1—定模　2—动模

（2）有利于保证塑件的外观质量和精度要求　如图 5-7a 所示的分型面方案较合理，如果用图 5-7b 的形式在圆弧处分型会影响外观，应尽量避免。

塑件有同轴度要求时，为防止两部分错型，一般将型腔放在模具的同一侧，如图 5-7c 所示。图 5-7d 的形式不妥。

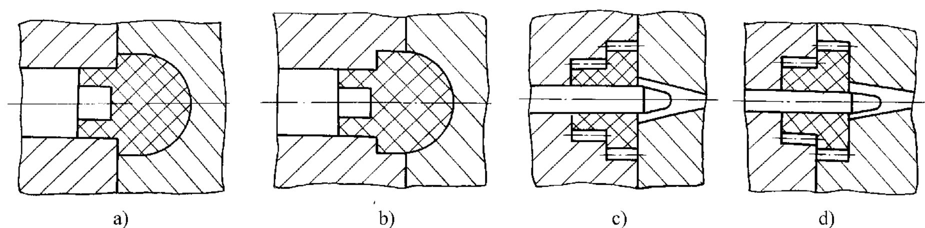


图 5-7 分型面应保证塑件的外观质量和精度要求

（3）有利于成型零件的加工制造 如图 5-8a 所示的斜分型面，凸模与凹模的倾斜角度一致，加工成型零件较方便，而图 5-8b 的形式较难加工。

（4）有利于侧向抽芯 塑件有侧凹或侧孔时，侧向滑块型芯宜放在动模一侧，这样模具结构较简单。由于侧向抽芯机构的抽拔距离都较小（除液压抽芯机构外），选择分型面时应将抽芯距离小的方向放在侧向，如图 5-9a 所示。图 5-9b 所示的分型面不妥。但是，对于投影面积较大而又需侧向分型抽芯时，由于侧向滑块合模时的锁紧力较小，这时应将投影面积较大的分型面设在垂直于合模方向上，如图 5-9c 所示。如采用图 5-9d 的形式会由于侧滑块锁不紧而产生溢料。

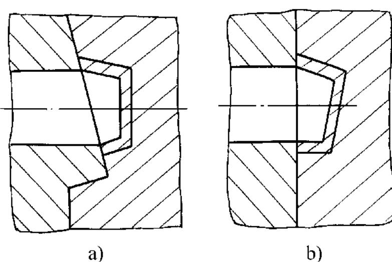


图 5-8 分型面应有利于成型零件加工

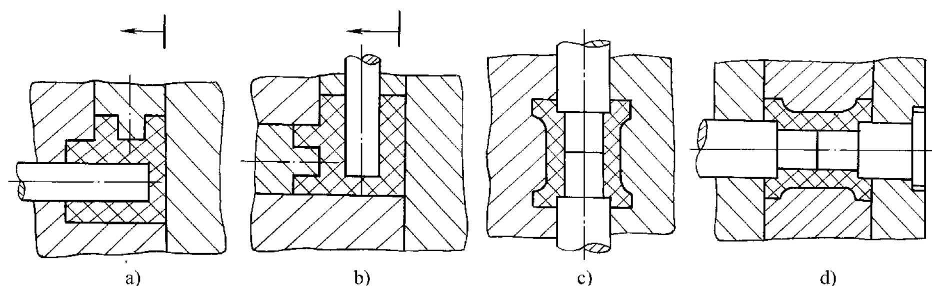


图 5-9 分型面应有利侧向抽芯

（5）有利于排气 分型面应尽量与最后才能充填熔体的型腔表壁重合，这样对注塑成型过程中的排气有利。如图 5-10a、c 所示的分型欠妥，图 5-10b、d 所示的分型面较合理。

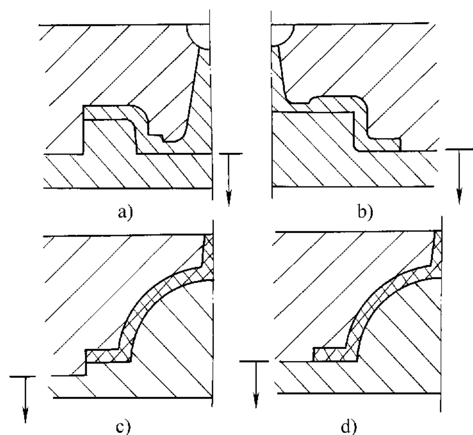


图 5-10　分型面对排气的影响
a)、c) 排气较差　b)、d) 排气性好

5.3　浇注系统

注塑模的浇注系统是指模具中从注塑机喷嘴开始到型腔入口为止的塑料熔体的流动通道。它的作用是将塑料熔体顺利地充满型腔的各个部位，并在填充及保压过程中，将注射压力传递到型腔的各个部位，以获得外形清晰、内在质量优良的塑件。它向型腔中的传质、传热、传压情况决定着塑件的内在和外表质量，它的布置和安排影响着成型的难易程度和模具设计及加工的复杂程度，所以浇注系统设计的好坏是影响生产的一个关键问题，也是注塑模具设计中的主要内容之一。

正确设计浇注系统首先应了解塑料及其流动特性。热塑性塑料熔体属于非牛顿流体，在流动过程中，其表观黏度随剪切速率的变化而发生变化。多数热塑性塑料属于假塑性体，当剪切速率增加时，表观黏度降低。另外，当温度变化时，表观黏度也会发生显著变化。

由于塑料熔体在模具浇注系统中和型腔内的温度、压力和剪切速率都是随时随处变化的，在设计浇注系统时，应综合加以考虑，以期在充模阶段，熔体以尽可能低的表观黏度和较快的速度充满整个型腔；在保压阶段，又能通过浇注系统使压力充分地传递到型腔内的各处，同时通过浇口的适时凝固来控制补料时间，以获得外形清晰、尺寸稳定、内应力小且无气泡、缩孔和凹陷的塑料制件。

5.3.1　浇注系统及其设计原则

1. 浇注系统

(1) 浇注系统的作用与分类　浇注系统的作用是使塑料熔体平稳且有顺序

地填充到型腔中，并在填充和凝固过程中把压力充分传递到各个部位，以获得组织紧密、外形清晰的塑料制件。

普通浇注系统分直浇口和横浇口两种类型，如图 5-11、图 5-12 所示。直浇口适用于立式或卧式注塑机，其主流道一般是垂直于分型面的，而横浇口只适用于直角式注塑机，其主流道平行于分型面。

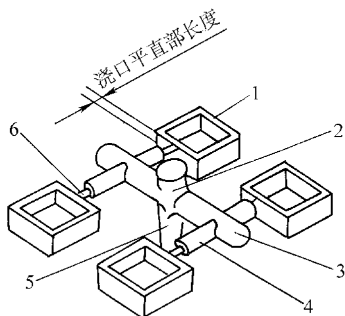


图 5-11　卧（立）式注塑机用模具的浇注系统

1—塑件　2—冷料穴　3、4—分流道　5—主流道　6—浇口

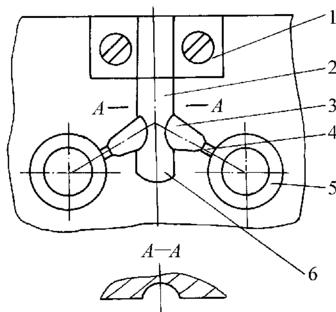


图 5-12　直角式注塑机用模具的浇注系统

1—镶块　2—主流道　3—分流道　4—浇口　5—型腔　6—冷料穴

（2）浇注系统的组成　普通浇注系统一般是由主流道、分流道、浇口和冷料穴四个部分组成（见图 5-11）。

2. 浇注系统的设计原则

（1）排气良好　能顺利地引导熔融塑料填充到型腔的各个深度，不产生涡流和紊流，并能使型腔内的气体顺利排出。

（2）流程短　在满足成型和排气良好的前提下，要选取短的流程来充填型腔；且应尽量减少弯折，以降低压力损失，缩短填充时间。

（3）防止型芯和嵌件变形　应尽量避免熔融塑料正面冲击直径较小的型芯和金属嵌件，防止型芯弯曲变形和嵌件移位。

（4）整修方便　浇口位置和形式应结合塑件形状考虑，做到整修方便并无损塑件的外观和使用。

（5）防止塑件翘曲变形　在流程较长或需开设两个以上浇口时更应注意这一点。

（6）合理设计冷料穴或溢料槽　冷料穴或溢料槽设计是否合理，直接影响塑件的质量。

（7）浇注系统的断面积和长度　除满足以上各点外，浇注系统的断面积和长度应尽量取小值，以减少浇注系统占用的塑料量，从而减少回收料。

5.3.2　浇注系统的设计

1. 主流道

主流道是连接注塑机的喷嘴与分流道的一段通道，通常和注塑机的喷嘴在同一轴线上，断面为圆形，带有一定的锥度，如图 5-13 所示。

主流道的设计要点如下：

1）为便于从主流道中拉出浇注系统的凝料，以及考虑塑料熔体的膨胀，主流道设计成圆锥形。其锥角 α 为 2°～4°，对流动性差的塑料，也可取 3°～6°，过大会造成流速减慢，易成涡流。内壁表面粗糙度 Ra 为 0.63μm。

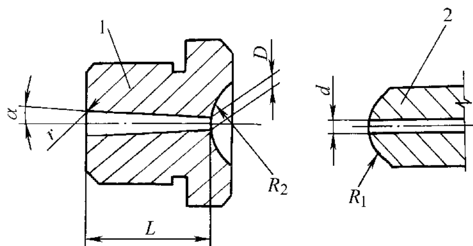


图 5-13　主流道设计

1—浇口套　2—注塑机喷嘴

2）主流道大端呈圆角，其半径常取 $r=1\sim3$mm，以减小料流转向过渡时的阻力。

3）在保证塑件成型良好的情况下，主流道的长度尽量小，否则将会使主流道的凝料增多，且增加压力损失，使塑料熔体降温过多而影响注塑成型。

4）为了使熔融塑料从喷嘴完全进入主流道而不溢出，应使主流道与注塑机的喷嘴紧密对接。主流道对接处设计成半球形凹坑，其半径 $R_2=R_1+(1\sim2)$ mm，其小端直径 $D=d+(0.5\sim1)$mm，凹坑深度常取 3～4mm。

5）由于主流道要与高温的塑料熔体和喷嘴反复接触和碰撞，所以主流道部分常设计成可拆卸的主流道浇口套，以便选用优质钢材单独加工和热处理。如其大端兼作定位环，则圆盘凸出定模端面的长度为 5～10mm（参见注塑机模板尺寸），也常有将模具定位环与主流道浇口套分开设计的。主流道浇口套的形式如图 5-14a、b、c、d、e、f 所示。

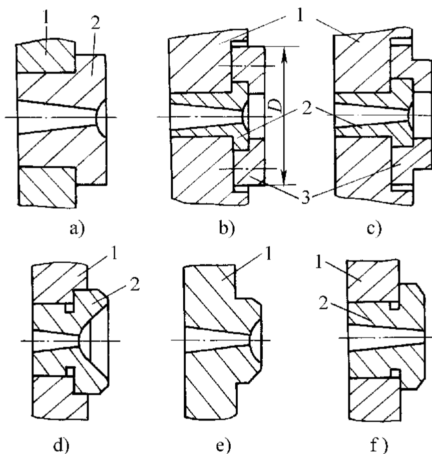


图 5-14　主流道浇口套形式

1—定模座板　2—主流道浇口套

3—定位圈

2. 分流道设计

分流道是主流道与浇口之间的通道，一般开设在分型面上，起分流和转向的作用。多型腔的模具一定设置分流道。单腔模成型大型塑件，若使用多浇口进料也需设置分流道。

（1）分流道的长度和断面尺寸　分流道的长度取决于模具型腔的总体布置方案和浇口位置，从输送熔体时的减少压力损失、热量损失和减少流道凝料的要求出发，应力求缩短。

分流道的断面尺寸应根据塑件的成型体积、塑件壁厚、塑件形状、所用塑料的工艺性能、注射速率和分流道的长度等因素来确定。对于壁厚小于3mm、质量在200g以下的塑件，可用下述经验公式确定分流道的直径：

$$D = 0.2654\sqrt{W}\sqrt[4]{L} \quad (5\text{-}1)$$

式中　W——流经分流道的塑料量（g）；

L——分流道长度（mm）；

D——分流道直径（mm）。

对于黏度较大的塑料，按上式算出的D值乘以系数1.20～1.25。表5-1列出了常用塑料注塑件分流道断面尺寸推荐范围。

表5-1　常用塑料注塑件分流道断面尺寸推荐范围　（单位：mm）

塑料名称	分流道断面直径	塑料名称	分流道断面直径
ABS、AS	4.8～9.5	聚苯乙烯	3.5～10
聚乙烯	1.6～9.5	软聚氯乙烯	3.5～10
尼龙类	1.6～9.5	硬聚氯乙烯	6.5～16
聚甲醛	3.5～10	聚氨酯	6.5～8.0
丙烯酸塑料	8～10	热塑性聚酯	3.5～8.0
抗冲击丙烯酸塑料	8～12.5	聚苯醚	6.5～10
醋酸纤维素	5～10	聚砜	6.5～10
聚丙烯	5～10	离子聚合物	2.4～10
异质同晶体	8～10	聚苯硫醚	6.5～13

注：本表所列数据，对于非圆形分流道，可作为当量半径，并乘以比1稍大的系数。

（2）分流道的断面形状　常用的分流道断面形状有圆形、矩形、梯形、U形和六角形等。要减少流道内的压力损失，希望流道的截面积大、表面积小，以减少传热损失。因此，可用流道的截面积与周长的比值来表示流道的效率。各种截面的效率见表5-2。其中圆形截面的效率最高（即比表面最小）。由于正方形流道凝料脱模困难，实际使用侧面具有斜长为5°～10°的梯形流道。若梯形的上底为D，下底为x，高为h，则其最佳比例为$h/D=0.84～0.92$，$x/D=0.7～0.83$。U形流道为梯形流道的变异形式。六角形截面流道，由于其效率低（比表面大），通常不采用。当分型面为平面时，可采用圆形或六角形截面流道，但加工时对中困难，常采用梯形或U形截面的分流道。塑料熔体在流道中流动时，表层冷凝冻结，起绝热作用，熔体仅在流道中心流动。因此，分流道的理想状态

应是其中心线与浇口的中心线位于同一直线上，圆形截面流道可以实现这一点，而梯形截面流道就难以实现，如图 5-15 所示。

表 5-2　分流道的断面形状和效率

断面形状	(圆形)	(正方形)	(六角形)	(半圆形)	(梯形)	(矩形)		
效率	0.25D	0.25D	0.217D	0.153D	0.195D	d =	$D/4$	0.166D
							$D/5$	0.100D
							$D/6$	0.071D

（3）分流道的布置　分流道的布置取决于型腔的布局，两者相互影响。分流道的布置形式分平衡式布置和非平衡式布置两种。

1）平衡式布置。平衡式布置要求从主流道至各个型腔的分流道，其长度、形状、断面尺寸等都必须对应相等，达到各个型腔的热平衡和塑料流动平衡。因此，各个型腔的浇口尺寸可以相同，达到各个型腔同时均衡地进料，均衡进料可保证各型腔成型出的塑件在强度、性能、质量上的一致性。图 5-16 所示为平衡式布置，图 5-16a、b、c、d 为圆形排列，图 5-16h、i 为其他的排列形式，图 5-16e、f、g 为 H 形排列。四个型腔以下的 H 形和圆形排列均能达到最佳的热平衡和塑料的流动平衡。多于四个型腔的 H 形排列，虽然也能获得塑料流动平衡，但不能达到热平衡。H 形排列分流道弯折较多，流程又长，压力损失也大，同时加工也较困难。对于精密塑件的成型，最好采用圆形排列。

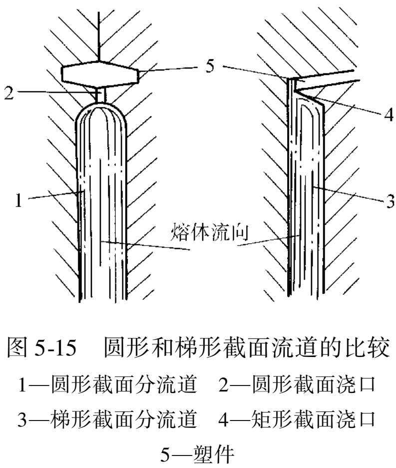


图 5-15　圆形和梯形截面流道的比较
1—圆形截面分流道　2—圆形截面浇口
3—梯形截面分流道　4—矩形截面浇口
5—塑件

2）非平衡式布置。非平衡式布置的主要特点是主流道至各个型腔的分流道长度各不相同（或型腔大小不同）。为了使各个型腔同时均衡进料，各个型腔的浇口尺寸必定不相同。图 5-17 所示为分流道的非平衡式布置。非平衡式布置主要采用 H 形和一字形布置（见图 5-17a、b、c、d、f），也有采用圆形布置的（见图 5-17e）。当型腔数目相同时，采用 H 形或一字形布置，可使模板尺寸减小。

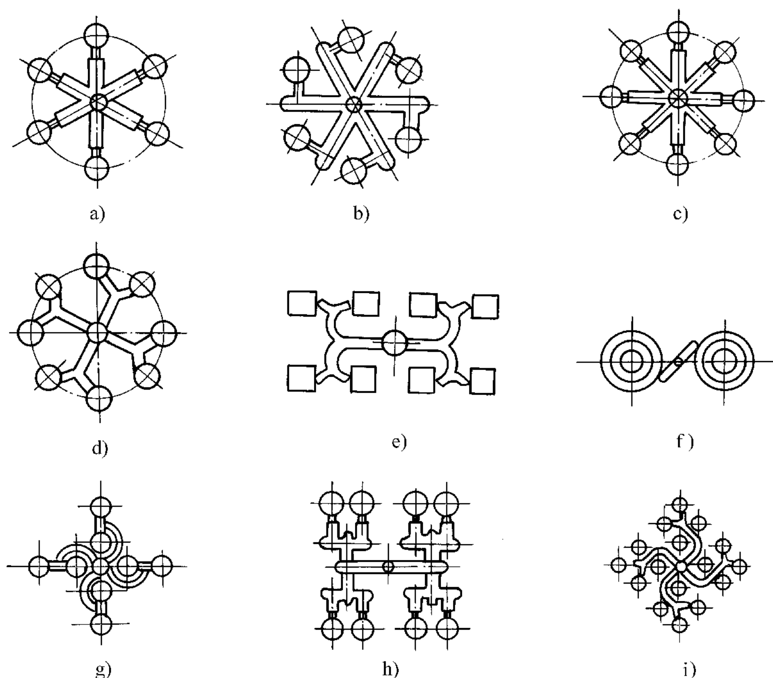


图 5-16　分流道的平衡式布置

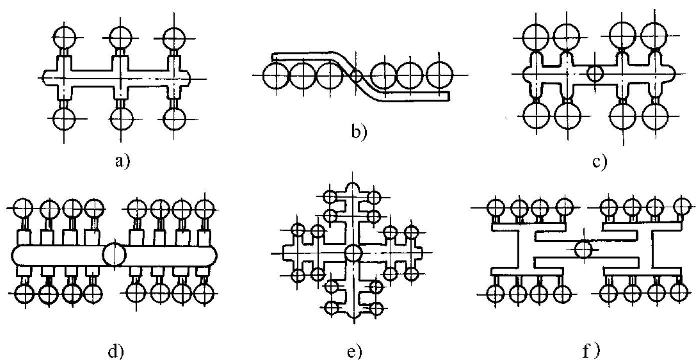


图 5-17　分流道的非平衡式布置

（4）分流道与浇口的连接　分流道与浇口的连接处应加工成斜面，并用圆弧过渡，有利于塑料熔体的流动及填充，如图 5-18a、b、c、d 所示。

3. 冷料穴

冷料穴一般位于主流道对面的动模板上，或处于分流道的末端。其作用就是存放料流前端的“冷料”，防止“冷料”进入型腔而形成冷接缝；开模时又能将

主流道中的凝料拉出。冷料穴的尺寸宜稍大于主流道大端的直径，长度约为主流道大端直径。下面主要介绍与主流道有关的冷料穴设计问题。

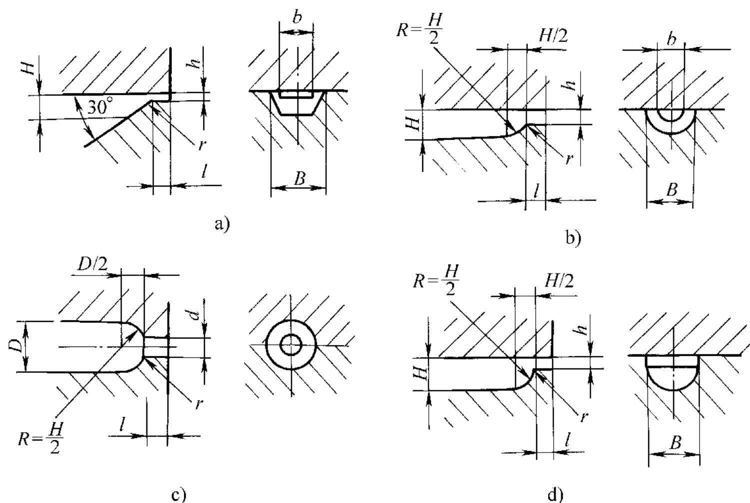


图 5-18　分流道与浇口的连接

直角式注塑模的主流道冷料穴，通常只需将主流道稍加延长即可（见图 5-12），设计比较简单。立式和卧式注塑模的主流道冷料穴不仅与拉料杆有关，而且还与主流道中的凝料脱模问题有关。

（1）带有拉料杆或顶杆的冷料穴

1）带有钩头（Z 形头）拉料杆的冷料穴。这是一种比较常用的冷料穴，其形状如钩头，尺寸如图 5-19a 所示。制件成型后，穴内冷料与拉料杆的钩头搭接

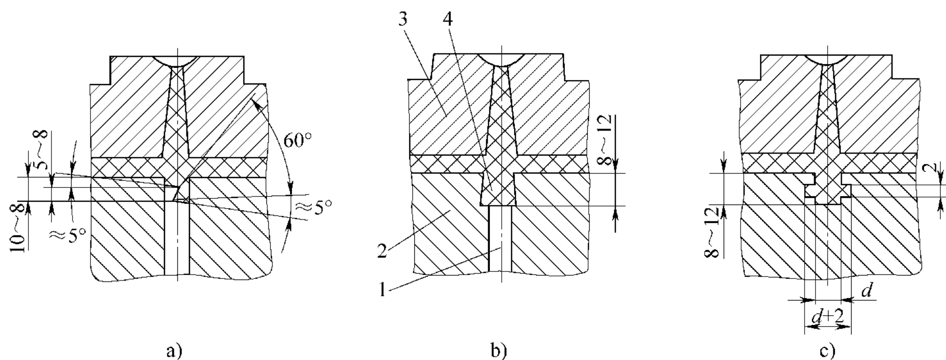


图 5-19　带有拉料杆或推杆的冷料穴

a）钩头冷料穴　b）倒锥形冷料穴　c）环槽形冷料穴

1—拉料杆或推杆　2—动模　3—定模　4—冷料穴

在一起，拉料杆底部固定在注塑模的推杆固定板上。开模时，拉料杆首先通过钩头拉住穴内冷料，使主流道凝料脱出定模，然后又随推出机构运动将凝料与制件一起推出动模。

2）与推杆配用兼起拉料作用的冷料穴。如果制件被推出后不能朝侧向移动，那么使用钩头拉料杆便无法使制件脱模（见图 5-20），这时可采用图 5-19b、c 所示的倒锥形和环槽形冷料穴，它们常常与推杆配用。开模时，倒锥形或环槽形的冷料穴通过其内部的冷料先将主流道凝料拉出定模，然后在推杆作用下冷料和主流道凝料随制件一起被推出动模。由于冷料被推出时带有强制性，所以这两种冷料穴主要适用于弹性较好的塑料品种。此外，采用这两种冷料穴时，主流道脱模不需侧向移动，比较容易实现自动化操作。

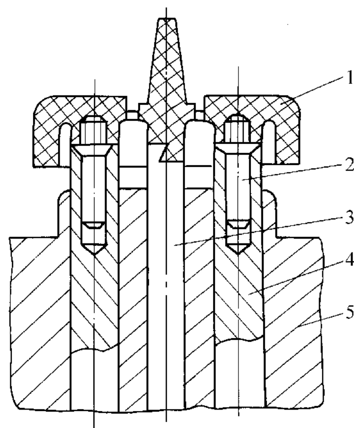


图 5-20 不宜使用钩头拉料杆的情况

1—制件 2—螺纹型芯 3—拉料杆 4—推杆 5—动模

3）带有球头或菌形头拉料杆的冷料穴。这两种冷料穴如图 5-21 所示，它们专用于制件以脱模板（推板）脱模的注塑模（有关这种脱模机构的内容见后面内容）。开模时，这两种冷料穴利用穴内冷料对拉料杆头部的包紧力，将主流道凝料拉出定模，但由于拉料杆底部固定在凸模固定板上不能运动，所以穴内冷料和主流道凝料只能在脱模板推出制件时随脱模板运动，因此，它们必须靠脱模板强行将其从拉料杆上刮下后才能脱模。通常，这两种冷料穴和拉料杆也主要适用于弹性较好的塑料品种。

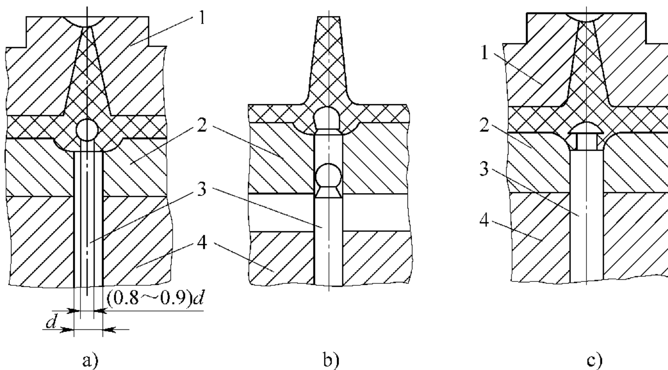


图 5-21 带有球头或菌形头拉料杆的冷料穴

a)、b）带球头拉料杆 c）带菌形头拉料杆

1—定模 2—脱模板 3—拉料杆 4—凸模（拉料杆）固定板

4）尖锥头拉料杆及其冷料穴。尖锥头拉料杆可视为球头或菌形头拉料杆的变异形式。成型小制件时，这类拉料杆一般不配用冷料穴，如图 5-22a、b 所示。这类拉料杆必须依靠塑料冷凝收缩时对其锥形头部的包紧力，才能把主流道凝料拉出定模，然后再

靠脱模板把凝料从拉料杆上刮下。很显然，主流道凝料依靠这类拉料杆进行脱卸时，不如用前面三种拉料杆可靠。但由于尖锥头具有较好的分流作用，生产中（如成型齿轮等中心带孔的制件时）仍有较多使用。为了增加尖锥头拉料杆脱卸主流道凝料的可靠性，可对其头部采用较小的锥度或增加锥面的表面粗糙度。

如果成型的制件中心孔较大，则可将尖锥头改为锥台，然后在其端部加工一个圆窝作为冷料穴使用，如图 5-22c 所示。

（2）不与拉料杆或推杆配用的冷料穴　这种冷料穴如图 5-23 所示。其结构是在主流道末端开设一个锥形凹坑，并在凹坑的锥壁上平行于相对的锥边加工一个深度不大的小不通孔。开模时，靠小不通孔的固定作用将主流道凝料从定模中拉出。使用这种冷料穴时，还需在制件下部或分流道下部设置推杆，随着推杆对制件或分流道的作用，穴内冷料先沿着小不通孔轴线移动，然后向上运动脱模。为了能让穴内冷料沿小不通孔进行斜向运动，分流道必须设计成 S 形或类似的带有挠性的形状。

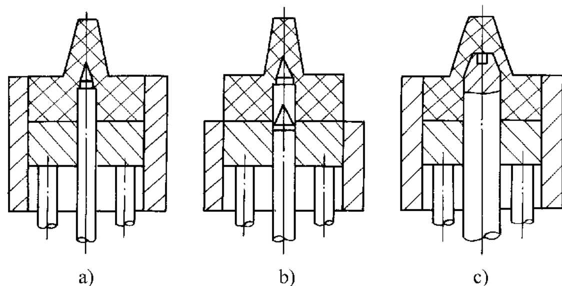


图 5-22　尖锥头拉料杆及其冷料穴

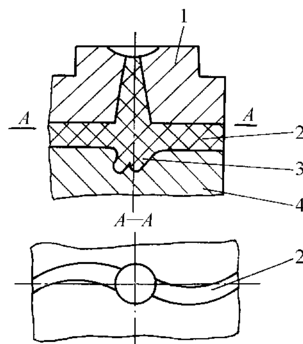


图 5-23　不与拉料杆或推杆配用的冷料穴
1—定模　2—分流道　3—冷料穴（锥形凹坑）　4—动模

5.3.3　常用浇口形式与尺寸

浇口是连接分流道与型腔的一段细短的通道，它是浇注系统的关键部分。浇口的形状、数量、尺寸和位置对塑件的质量影响很大。浇口的主要作用有两个：一是塑料熔体流经的通道；二是浇口的适时凝固可控制保压时间。

1. 常用浇口的形式及特点

（1）点浇口　点浇口又称橄榄形浇口或菱形浇口，是一种截面尺寸特小的圆形浇口，如图 5-24 所示。图 5-24a 是点浇口最初采用的形式，L_1 是主流道的长度，应比采用其他浇口时稍短些。图 5-24b 是点浇口的改进形式，现在应用得

很广泛，特别是对于纤维增强的塑料，浇口断开时不会损伤塑件的表面。图 5-24c 所示点浇口的限制性断面前加工出圆弧，有利于延缓浇口处熔体冻结，对向型腔中补料有利。图 5-24d 是一模多腔或单腔多浇口时的点浇口形式。

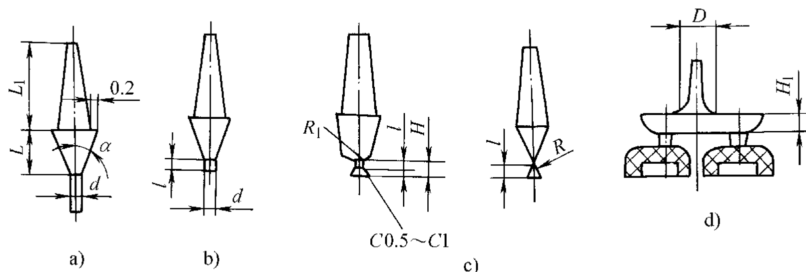


图 5-24　点浇口

点浇口适用于低黏度塑料和黏度对剪切速率敏感的塑料，如聚乙烯、聚丙烯、尼龙类塑料、聚苯乙烯、ABS 等。由于采用点浇口，为脱出流道凝料，模具需多开一次模，即模具需采用三板式结构。

（2）潜伏式浇口　潜伏式浇口又称隧道式浇口，是由点浇口演变来的，既吸收了点浇口的优点，也克服了由点浇口带给模具的复杂性。图 5-25a 是分流道开设在分型面上，浇口潜入分型面的下面，沿斜向进入型腔。图 5-25b 为在推杆上设置一辅助流道，压力损失较大。图 5-25c 为钩式潜伏浇口。潜伏式浇口除了具备点浇口的特点外，其进料浇口一般都在塑件的内表面或侧面隐蔽处，因此不影响塑件的外观。塑件和流道分别设置顶出机构，开模时浇口即被自动顶断，流道凝料自动脱落。由于脱出时有较强的冲击力，因此这种浇口不适用于脆性塑料（如 PS），以免流道断裂，堵塞浇口。

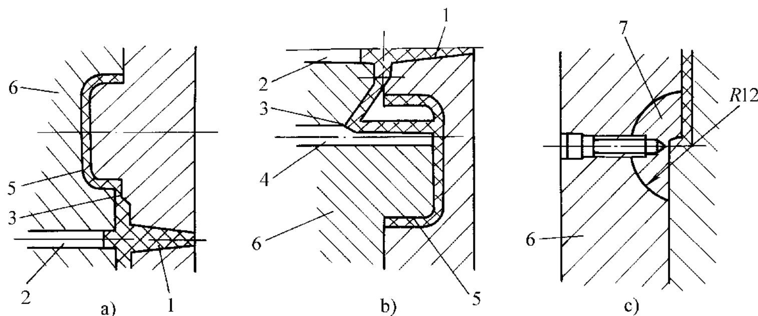


图 5-25　潜伏式浇口

1—主流道　2、4—推杆　3—浇口　5—塑件　6—动模板　7—镶件

（3）侧浇口　侧浇口又称边缘浇口，一般开设在分型面上，从塑件的外侧面进料，如图 5-26 所示。侧浇口是典型的矩形截面浇口，能方便地调整充模时的剪切速率和浇口封闭时间，因此也称之为标准浇口。侧浇口的特点是浇口截面形状简单，加工方便；能对浇口尺寸进行精密加工；浇口位置选择比较灵活，以便改善充模状况；去除浇口方便，痕迹小。侧浇口特别适用于两板式多型腔模具，但是塑件容易形成熔接痕、缩孔、凹陷等缺陷，注射压力损失较大，对于壳体形塑件会排气不良。

（4）重叠式浇口　重叠式浇口又称搭接浇口，它基本与侧浇口相同，但浇口不是在塑件的侧边，而是在塑件的一个侧面，如图 5-27 所示。它是典型的冲击型浇口，可有效地防止塑料熔体的喷射流动。如成型条件不当，会在浇口处产生表面凹坑，导致切除浇口比较困难，在塑件表面留下明显的浇口痕迹。

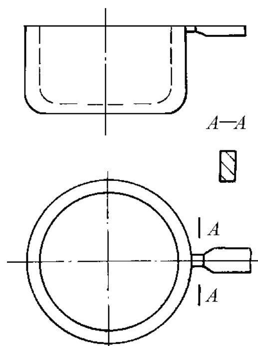


图 5-26　侧浇口

（5）扇形浇口　扇形浇口是逐渐展开的浇口，是侧浇口的变异形式，常用来成型宽度较大的板状塑件，浇口沿进料方向逐渐变宽，厚度逐渐减至最薄。塑料熔体可在宽度方向上得到均匀分配，可降低塑件的内应力，减小其翘曲变形，型腔排气良好。图 5-28 是扇形浇口的设计形式。浇口深度 h 根据制件厚度确定，一般取 0. 25 ~1. 5mm。浇口宽度 b 一般等于 $L/4$（L 为浇口处的型腔宽度），但最小不小于 8mm。图 5-29 是扇形浇口的另外两种设计形式。

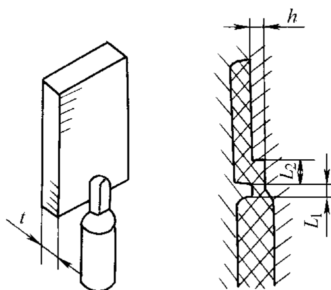


图 5-27　重叠式浇口

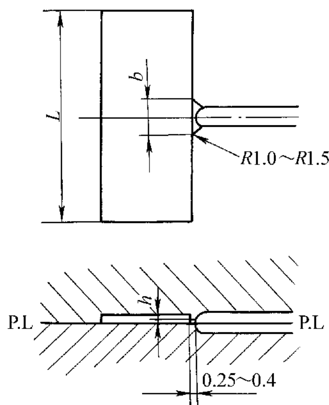


图 5-28　扇形浇口

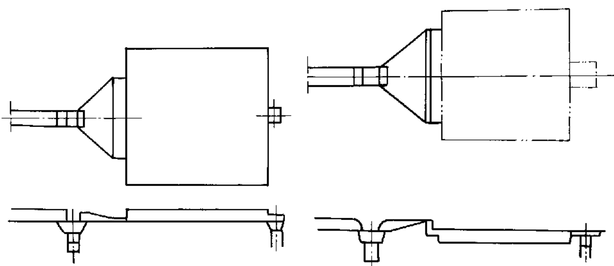
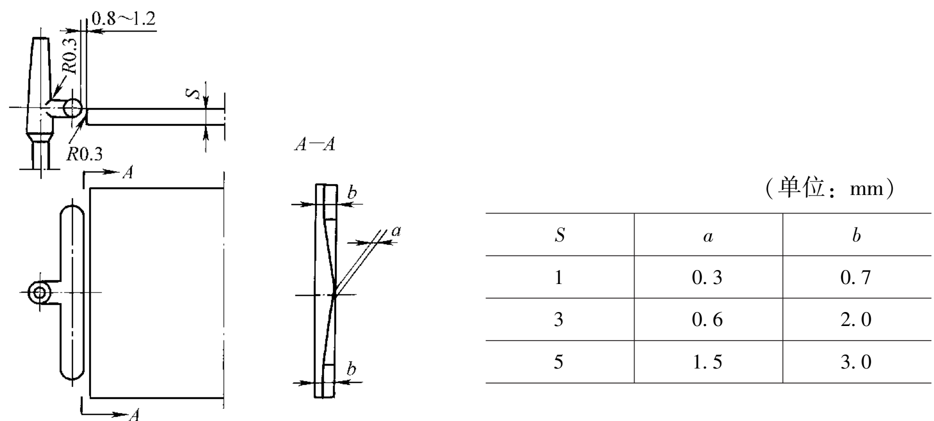


图 5-29　特殊扇形浇口

（6）薄片式浇口　薄片式浇口适用于较大的平板形制件。熔融塑料通过薄片式浇口，以较低的速度均匀平稳地进入型腔，其料流呈平行流动，这样可避免平板制件的变形，减小制件内应力。但由于去除浇口困难，必须使用专用工具，从而增加了制件的成本。薄片浇口的设计参数主要与制件的壁厚有关，具体设计参数参照图 5-30 来选取。图 5-31 是薄片浇口的又一种形式，其主要特点是分流道为扇形。图 5-32 为薄片浇口形式之三，它的主要特点是分流道呈 X 形。



（单位：mm）

S	a	b
1	0. 3	0. 7
3	0. 6	2. 0
5	1. 5	3. 0

图 5-30　薄片浇口的形式及设计参数

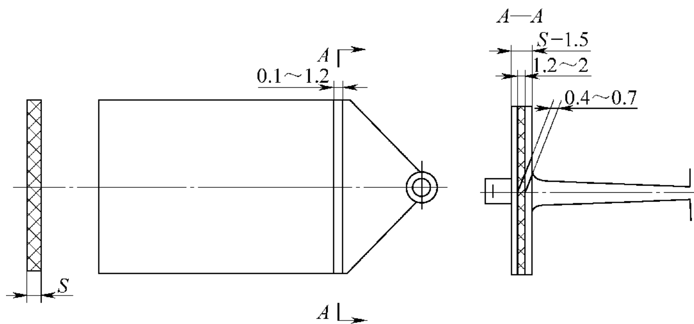
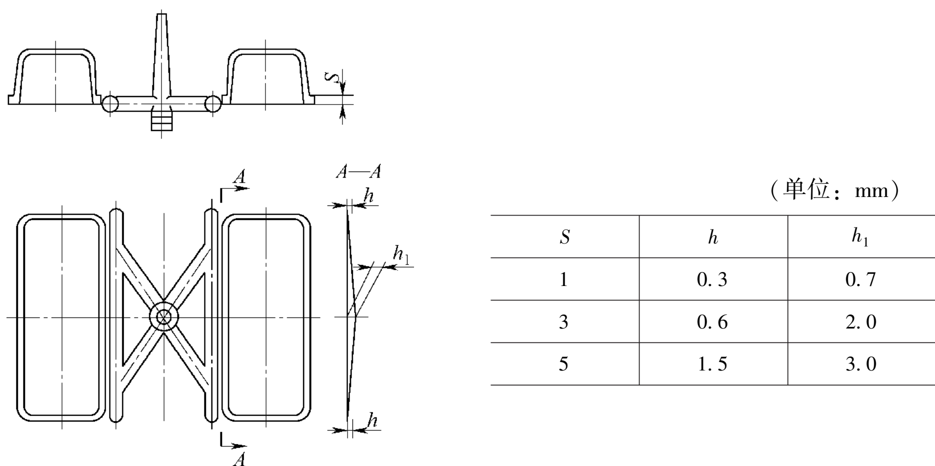


图 5-31　分流道为扇形的薄片式浇口



（单位：mm）

S	h	h_1
1	0. 3	0. 7
3	0. 6	2. 0
5	1. 5	3. 0

图 5-32　分流道为 X 形的薄片式浇口

（7）盘形浇口　盘形浇口又称为薄板浇口，适用于内孔较大的圆筒形塑件。浇口在整个内孔周边上，塑料熔体由内孔周边以大致相同的速度进入型腔，塑件不会产生熔接痕，型芯受力均匀，空气能够顺序排出，缺点是浇口去除困难，如图 5-33a、b 所示。图 5-33c、d 为盘形浇口的变异形式，又称分流浇口，即型芯起分流锥的作用。

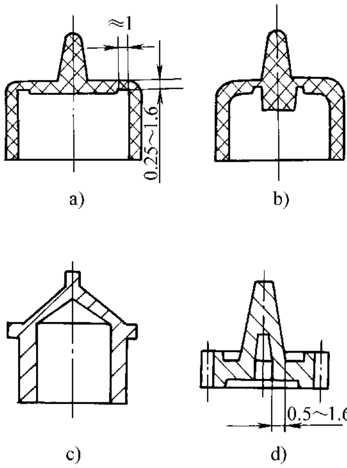
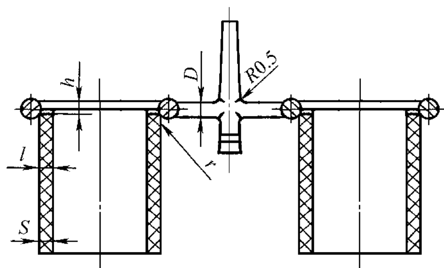


图 5-33　盘形浇口

（8）环形浇口　环形浇口适用于较长的管形制件，一般情况采用此种浇口时，型芯的两端都可以定位，所以制件壁厚比较均匀。图 5-34 为外环形浇口的设计形式及设计参数。图 5-35 为内环形浇口的设计形式。

（9）轮辐式浇口　轮辐式浇口的适用范围类似于盘形浇口，带有矩形内孔的塑件也适用，但是它将整个周边进料改成了几小段圆弧或直线进料，如图 5-36a、b 所示，因此可以把它视为内侧浇口。这种浇口切除方便，流道凝料少，型芯上部得到定位而增加了型芯的稳定性。



$D=S+1.5\text{mm}$ 或 $D=4S/3+K$

$h=2S/3$ 或 $h=1\sim2\text{mm}$

$l=0.5\sim1.5\text{mm}$

$r=0.2S$

$K=2\text{mm}$（对短流程和厚截面）

$K=4\text{mm}$（对长流程和薄截面）

S——制件壁厚（mm）

图 5-34　外环形浇口

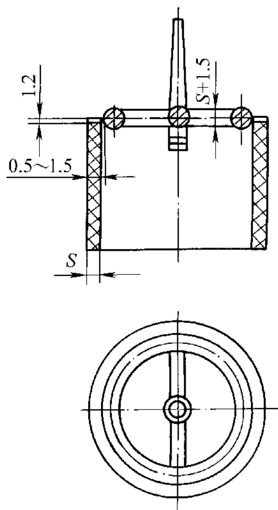


图 5-35　内环形浇口

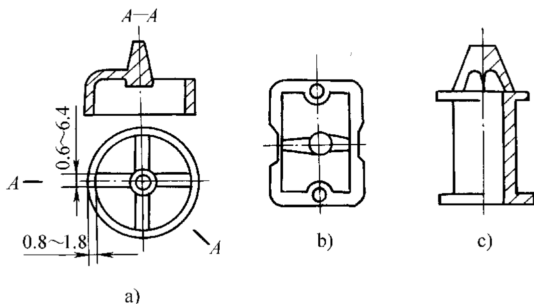


图 5-36　轮辐式浇口和爪形浇口

爪形浇口是轮辐式浇口的一种变异形式，在型芯的锥形面上开设流道，如图 5-36c 所示。其主要用于长管形塑件和同轴度要求高的塑件。

（10）护耳式浇口　护耳式浇口又称分接式浇口或调整式浇口，其结构如图 5-37 所示。它在型腔侧面开设耳槽，塑料熔体通过浇口冲击在耳槽侧面上，经调整方向和速度后再进入型腔。因此，这种浇口可以防止喷射现象，是一种典型的冲击型浇口，它可减小浇口附近的内应力，对于流动性差的塑料（如 PC、HPVC、PMMA 等）极为有效。护耳式浇口应设置在塑件的厚壁处。这种浇口的去除比较困难，痕迹大。

（11）直浇口　直浇口又称为主流道型浇口，如图 5-38 所示。在单腔模中，塑料熔体直接流入型腔，因而压力损失小，进料速度快，成型比较容易，对各种塑料都能适用。它传递压力好，保压补缩作用强，模具结构简单紧凑，制造方

便。但去除浇口困难，浇口痕迹明显。它特别适合于大型、厚壁塑件和熔体黏度特别高的塑料品种的成型。

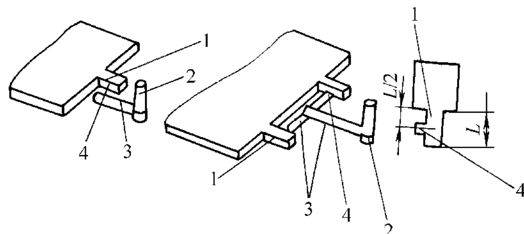


图 5-37　护耳式浇口

1—护耳　2—主流道　3—分流道　4—浇口

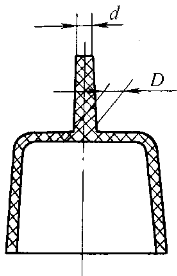


图 5-38　直浇口

2. 各种浇口尺寸的计算

各种浇口尺寸的经验数据及计算公式列于表 5-3。表 5-4 为常用塑料的直浇口尺寸。表 5-5 为侧浇口和点浇口的推荐尺寸。

表 5-3　各种浇口尺寸计算

浇口形式		经验数据	经验计算公式	备　注
直浇口		$D=d_1+(0.5\sim1.0)$mm $\alpha=2°\sim6°$ $D\leqslant 2t$ $L<60$mm 为佳 $r=1\sim3$mm		d_1—注射机喷孔直径 α—流动性差的塑料取 $3°\sim6°$ t—塑件壁厚
侧浇口		$\alpha=2°\sim6°$ $\alpha_1=2°\sim3°$ $b=1.5\sim5.0$mm $h=0.5\sim2.0$mm $l=0.5\sim0.75$mm $r=1\sim3$mm $c=R0.3$mm 或 0.3mm$\times45°$	$h=nt$ $b=\frac{n\sqrt{A}}{30}$	n—塑料系数，由塑料性质决定，见表注 l—为了去浇口方便，也可取 $l=0.7\sim2.5$mm

（续）

浇口形式		经验数据	经验计算公式	备　注
搭接浇口		$l_1=0.5\sim0.75\text{mm}$	$h=nt$ $b=\frac{n\sqrt{A}}{30}$ $l_2=h+b/2$	为了去浇口方便，也可取 $l_1=0.7\sim\sim2.0\text{mm}$ 此种浇口对 PVC 不适用
薄片浇口		$l=0.65\sim1.5\text{mm}$ $b=(0.75\sim1.0)B$ $h=0.25\sim0.65\text{mm}$ $c=R0.3\text{mm}$ 或 $0.3\text{mm}\times45°$	$h=0.7nt$	
扇形浇口		$l=1.3\text{mm}$ $h_1=0.25\sim1.6\text{mm}$ $b=6\text{mm}\sim B/4$ $c=R0.3\text{mm}$ 或 $0.3\text{mm}\times45°$	$h_1=nt$ $h_2=\frac{bh_1}{D}$ $b=\frac{n\sqrt{A}}{30}$	浇口截面积不能大于流道截面积
圆环形浇口		$l=0.75\sim1.0\text{mm}$	$h=0.7nt$	
盘形浇口		$l=0.75\sim1.0\text{mm}$ $h=0.25\sim1.6\text{mm}$	$h=0.7nt$ $h_1=nt$ $l_1\geqslant h_1$	

（续）

浇口形式	经验数据	经验计算公式	备　　注
护耳浇口	$L \geqslant 1.5D$ $B = D$ $B = (1.5 \sim 2)h_1$ $h_1 = 0.9t$ $h_2 = 0.7t = 0.78h_1$ $l \geqslant 15\text{mm}$	$h = nt$ $b = \dfrac{n\sqrt{A}}{30}$	
潜伏式浇口	$l = 0.7 \sim 1.3\text{mm}$ $L = 2 \sim 3\text{mm}$ $\alpha = 25° \sim 45°$ $\beta = 15° \sim 20°$ $d = 0.3 \sim 2\text{mm}$ L_1 保持最小值	$d = nK\sqrt[4]{A}$	α—软质塑料，$\alpha = 30 \sim 45°$；硬质塑料，$\alpha = 25° \sim 30°$ L—允许条件下尽量取大值，当 $L < 2$ 时采用二次浇口
点浇口	$l = 0.5 \sim 0.75\text{mm}$ 有倒角 c 时取 $l = 0.75 \sim 2\text{mm}$ $c = R0.3\text{mm}$ 或 $0.3 \times 45°$ $d = 0.3 \sim 2\text{mm}$ $\alpha = 2° \sim 4°$ $\alpha_1 = 6° \sim 15°$ $L < \dfrac{2}{3}L_0$ $\delta = 0.3\text{mm}$ $D_1 \leqslant D$	$d = nK\sqrt[4]{A}$	K—系数，为塑件壁厚的函数，见表注。为了去浇口方便，可取 $l = 0.5 \sim 2\text{mm}$

注：1. 表中公式符号：

h——浇口深度（mm）　l——浇口长度（mm）　b——浇口宽度（mm）

d——浇口直径（mm）　t——塑件壁厚（mm）　A——型腔表面积（mm）

2. 塑料系数 n 由塑料性质决定，通常

PE、PS：$n = 0.6$；POM、PC、PP：$n = 0.7$PA；PMMA：$n = 0.8$；PVC：$n = 0.9$。

3. K——系数，塑件壁厚的函数，$K = 0.206\sqrt{t}$。K 值适用于 $t = 0.75 \sim 2.5$。

表 5-4　常用塑料的直浇口尺寸　　（单位：mm）

塑件重量/g	<35		<340		≥340	
主流道直径	d	D	d	D	d	D
PS	2.5	4	3	6	3	8
PE	2.5	4	3	6	3	7
ABS	2.5	5	3	7	4	8
PC	3	5	3	8	5	10

表 5-5 侧浇口和点浇口的推荐值 （单位：mm）

塑件壁厚	侧浇口截面尺寸		点浇口直径	浇口长度
	深度 h	宽度 b	d	l
≤0.8	≈0.5	≈1.0	0.8~1.3	1.0
>0.8~2.4	0.5~1.5	0.8~2.4		
>2.4~3.2	1.5~2.2	2.4~3.3		
>3.2~6.4	2.2~2.4	3.3~6.4	1.0~3.0	

5.4 成型零部件

直接与塑料接触构成塑件形状的零件称为成型零件，其中构成塑件外形的成型零件称为凹模，构成塑件内部形状的成型零件称为凸模（或型芯）。由于凹、凸模件直接与高温、高压的塑料接触，并且脱模时反复与塑件摩擦，因此，要求凹、凸模件具有足够的强度、刚度、硬度、耐磨性、耐腐蚀性，以及足够低的表面粗糙度。

5.4.1 成型零件结构设计

1. 凹模结构

（1）整体式凹模 直接在选购的模架板上开挖型腔，如图 5-39 所示。其优点是加工成本低。但是，通常模架的模板材料为普通的中碳钢，用作凹模，使用寿命短。若选用好材料的模板制作整体凹模，则制造成本高。



图 5-39 整体式凹模

通常，对于成型 1 万次以下塑件的模具或塑件精度要求低、形状简单的模具可采用整体式凹模。

（2）整体嵌入式凹模 将稍大于塑件外形（大一个足够强度的壁厚）的较好的材料（高碳钢或合金工具钢）制成凹模，再将此凹模嵌入模板中固定，如图 5-40a、b、c、d 所示。

其优点是“好钢用在了刀刃上”，既保证了凹模使用寿命，又不浪费价格昂贵的材料，并且凹模损坏后，维修、更换方便。

（3）局部镶拼式凹模 对于形状复杂或局部易损坏的凹模，将难以加工或易损坏的部分设计成镶件形式，

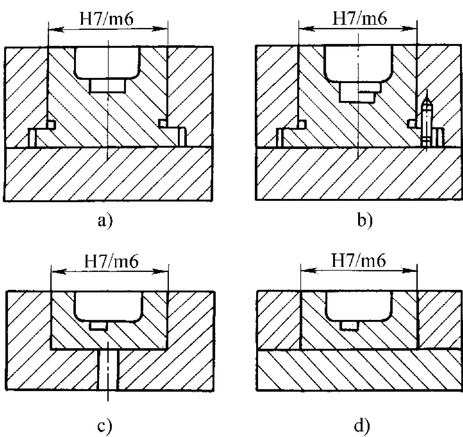


图 5-40 整体嵌入式凹模

嵌入型腔主体上，如图 5-41a、b、c、d 所示。

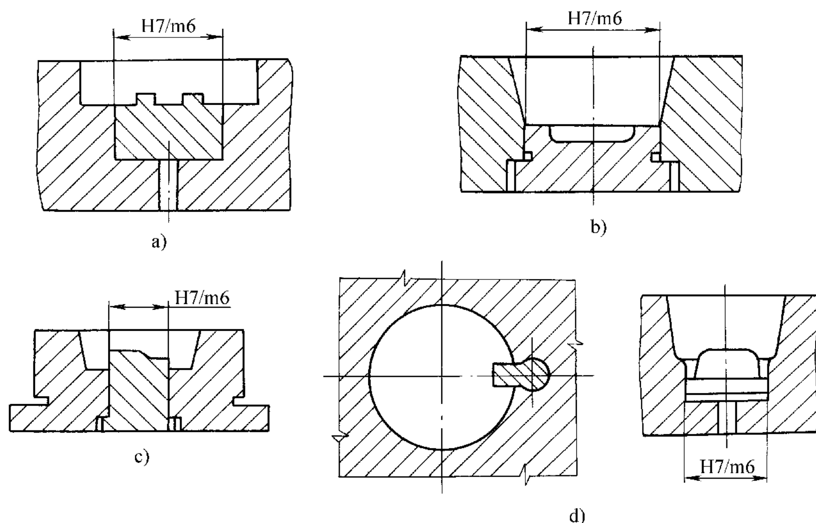


图 5-41　局部镶拼式凹模

（4）四壁拼合式凹模架　对于大型的复杂凹模，可以采用将凹模四壁单独加工后镶入模套中，然后再和底板组合，如图 5-42 所示。

（5）螺纹型环　螺纹型环是用来成型塑件外螺纹的一类活动镶件，成型后随塑件一起脱模，在模外卸下。图 5-43a 所示为整体式螺纹型环，配合长度 5～8mm，为了便于安装，其余部分制成 3°～5°斜度，下端加工出四侧平面，便于用工具将其从塑件上拧下来。图 5-43b 为对开组合式型环，用于成型精度不高的粗牙螺纹。对开两半之间用销子定位，上部制出撬口，便于成型后在模外用工具将两对开块分开。

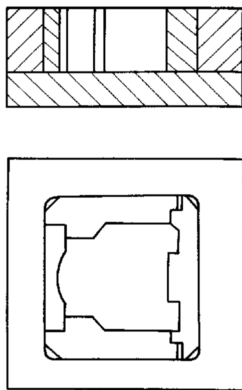


图 5-42　四壁拼合式凹模

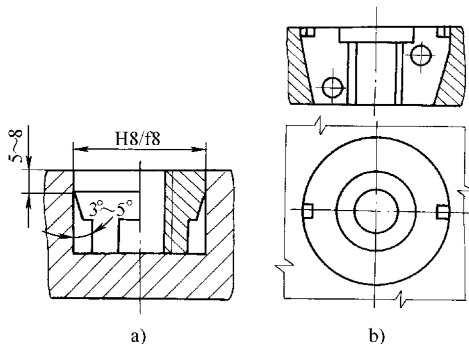


图 5-43　螺纹型环

综上所述，凹模结构用的最多的是整体嵌入式和局部镶拼式。

2. 凸模结构

整体式凸模浪费材料且切削加工量大，在当今的模具结构中几乎没有这种结构。凸模结构主要是整体嵌入式凸模和镶拼组合式凸模，如图5-44a、b、c、d和图5-45a、b、c所示。

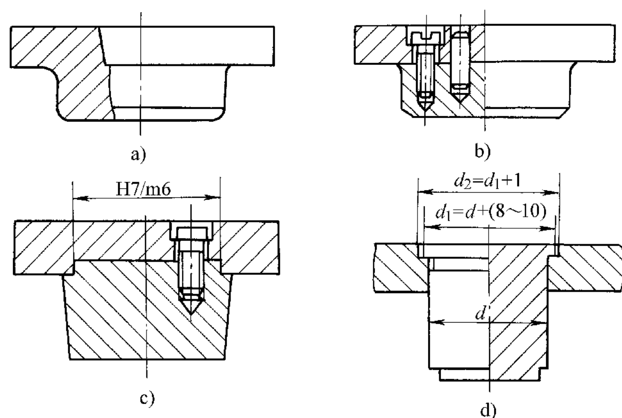


图5-44 型芯的结构形式

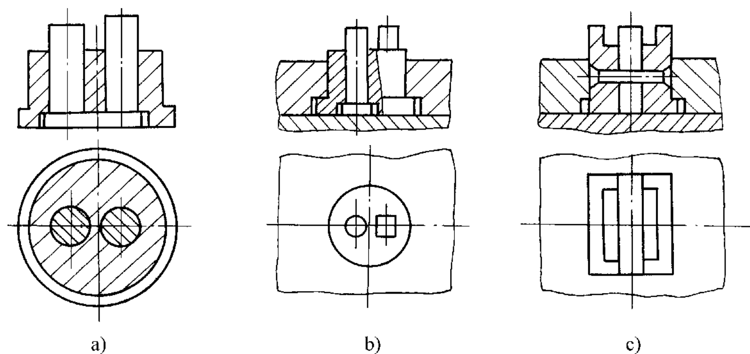


图5-45 镶拼式组合型芯

3. 小型芯

细小的凸模通常称为型芯，用于塑件孔或凹槽的成型。各种孔的成型方法如图5-46、图5-47、图5-48所示。

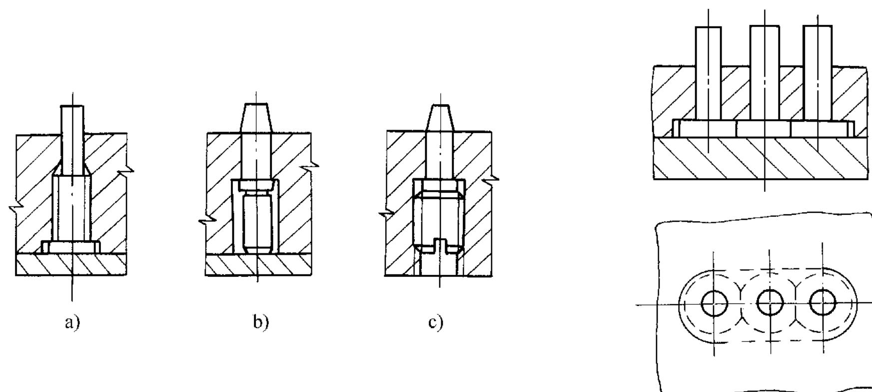


图 5-46　小型芯组合

图 5-47　中心距相近时多型小孔

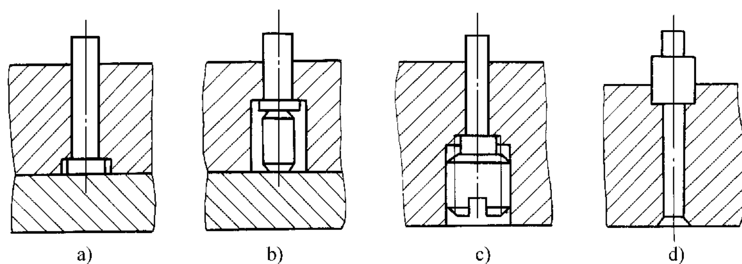


图 5-48　小型芯的固定方法

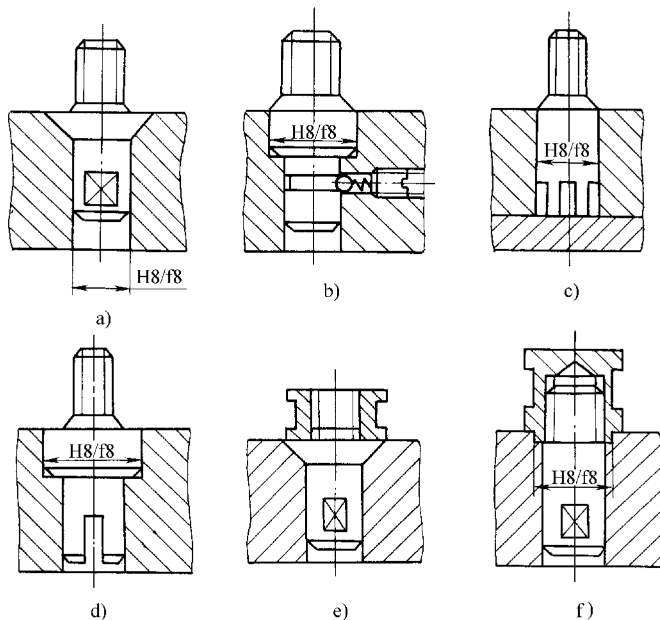


图 5-49　活动型芯的安装形式

4. 活动型芯

有时为了使模具简单，将螺纹型芯或安放螺纹型环嵌件用的型芯做成活动的镶件。这种形式的型芯成型前在模具中常以 H8/f8 配合活动放置，成型后随塑件一起在模外取出，如图 5-49 所示。

5.4.2 成型零件工作尺寸的计算

成型零件的工作尺寸是指凹模和凸模直接构成塑件的尺寸。凹、凸模工作尺寸的精度直接影响塑件的精度。

1. 影响工作尺寸的因素

(1) 塑件收缩率的影响　由于塑料热胀冷缩的原因，成型冷却后的塑件尺寸小于模具型腔的尺寸。表 5-6 列出了部分热塑性塑料的标准成型收缩率。

表 5-6　部分热塑性塑料的标准成型收缩率

成型物料			线胀系数/10^{-5}°C^{-1}	成型收缩率(%)
塑料名称		填充材料(增强材料)		
结晶型	聚乙烯(低密度)	—	10.0~20.0	1.5~5.0
	聚乙烯(中密度)	—	14.0~16.0	1.5~5.0
	聚乙烯(高密度)	—	11.0~13.0	2.0~5.0
	聚丙烯	—	5.8~10.0	1.0~2.5
	聚丙烯	玻璃纤维	2.9~5.2	0.4~0.8
	聚酰胺 6(PA6)	—	8.3	0.6~1.4
	聚酰胺 610(PA610)	—	9.0	1.0
	聚酰胺	20%~40%玻璃纤维	1.2~3.2	0.3~1.4
	聚甲醛	—	8.1	2.0~2.5
	聚甲醛	20%玻璃纤维	3.6~8.1	1.3~2.8
非结晶型	聚苯乙烯(通用)	—	6.0~8.0	0.2~0.6
	聚苯乙烯(抗冲击型)	—	3.4~21.0	0.2~0.6
	聚苯乙烯	20%~30%玻璃纤维	1.8~4.5	0.1~0.2
	AS	—	3.6~3.8	0.2~0.7
	AS	20%~33%玻璃纤维	2.7~3.8	0.1~0.2
	ABS(抗冲击型)	—	9.5~13.0	0.3~0.8
	ABS	20%~40%玻璃纤维	2.9~3.6	0.1~0.2
	聚丙烯酸类树脂	—	5.0~9.0	0.2~0.8
	聚碳酸酯	—	6.6	0.5~0.7
	聚碳酸酯	10%~40%玻璃纤维	1.7~4.0	0.1~0.3
	聚氯乙烯(硬质)	—	5.0~18.5	0.1~0.5
	醋酸纤维素	—	8.0~18.0	0.3~0.8

(2) 凹、凸模工作尺寸的制造公差　它直接影响塑件的尺寸公差。通常凹、凸模的制造公差取塑件公差的 1/3~1/6，表面粗糙度取 Ra 值为 0.8~0.4μm。

(3) 凹、凸模使用过程中的磨损量及其他因素的影响　生产过程中的磨损以及修复会使得凸模尺寸变小，凹模的尺寸变大。

因此，成型大型塑件时，收缩率对塑件的尺寸影响较大；而成型小型塑件时，制造公差与磨损量对塑件的尺寸影响较大。常用塑件的收缩率通常在百分之几到千分之几之间。

2. 凹、凸模的工作尺寸计算

通常，凹、凸模的工作尺寸根据塑料的收缩率，凹、凸模零件的制造公差和磨损量三个因素确定。

（1）凹模的工作尺寸　凹模是成型塑件外形的模具零件，其工作尺寸属包容尺寸，在使用过程中凹模的磨损会使包容尺寸逐渐增大。因此，为了使得模具的磨损留有修模的余地，以及装配的需要，在设计模具时，包容尺寸尽量取下限尺寸，尺寸公差取上偏差。具体计算公式如下：

凹模的径向尺寸计算公式为

$$L = [L_{塑}(1+k) - (3/4)\Delta]^{+\delta}_{0} \qquad (5\text{-}2)$$

式中　$L_{塑}$——塑件外形公称尺寸；

k——塑料的平均收缩率；

Δ——塑件的尺寸公差；

δ——模具制造公差，取塑件相应尺寸公差的 1/3 ~1/6。

凹模的深度尺寸计算公式为

$$H = [H_{塑}(1+k) - (2/3)\Delta]^{+\delta}_{0} \qquad (5\text{-}3)$$

式中　$H_{塑}$——塑件高度方向的公称尺寸。

（2）凸模的工作尺寸　凸模是成型塑件外形的，其工作尺寸属被包容尺寸，在使用过程中凸模的磨损会使被包容尺寸逐渐减小。因此，为了使得模具的磨损留有修模的余地，以及装配的需要，在设计模具时，被包容尺寸尽量取上限尺寸，尺寸公差取下偏差。具体计算公式如下：

凸模的径向尺寸计算公式为

$$l = [l_{塑}(1+k) + (3/4)\Delta]^{0}_{-\delta} \qquad (5\text{-}4)$$

式中　$l_{塑}$——塑件内形径向公称尺寸。

凸模的高度尺寸计算公式为

$$h = [h_{塑}(1+k) + (2/3)\Delta]^{0}_{-\delta} \qquad (5\text{-}5)$$

式中　$h_{塑}$——塑件深度方向的公称尺寸。

（3）模具中的位置尺寸（如孔的中心距尺寸）　计算公式为

$$C = C_{塑}(1+k) \pm \delta/2 \qquad (5\text{-}6)$$

式中　$C_{塑}$——塑件位置尺寸。

（4）计算实例　如图 5-50 所示塑件结构尺寸及相应的模具型腔结构，塑件材料为聚丙烯，计算收缩率为 1% ~3%，求凹、凸模构成型腔的尺寸。

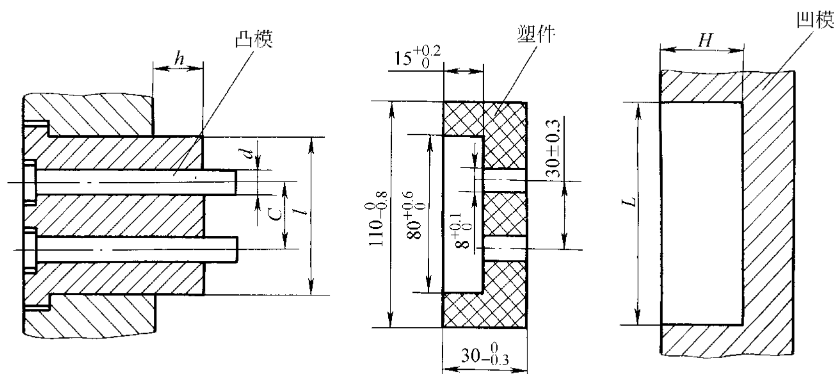


图 5-50 塑件及相应的凹、凸模

解：塑料的平均收缩率为 2%。

①凹模有关尺寸的计算：

径向尺寸

$$L=[L_{塑}(1+k)-(3/4)\Delta]^{+\delta}_{0}$$
$$=[110\times(1+0.02)-(3/4)\times0.8]^{0.8\times1/6}_{0}=111.6^{+0.13}_{0}$$

深度尺寸

$$H=[H_{塑}(1+k)-(2/3)\Delta]^{+\delta}_{0}$$
$$=[30\times(1+0.02)-(2/3)\times0.3]^{0.3\times1/6}_{0}=30.4^{+0.05}_{0}$$

②凸模有关尺寸的计算：

径向尺寸

$$l=[l_{塑}(1+k)+(3/4)\Delta]^{0}_{-\delta}$$
$$=[80\times(1+0.02)+(3/4)\times0.6]^{0}_{-0.6\times1/6}=82.05^{0}_{-0.1}$$

高度尺寸

$$h=[h_{塑}(1+k)+(2/3)\Delta]^{0}_{-\delta}$$
$$=[15\times(1+0.02)+(2/3)\times0.2]^{0}_{-0.2\times1/5}=15.43^{0}_{-0.04}$$

型芯直径

$$d=[d_{塑}(1+K)+(3/4)\Delta]^{0}_{-\delta}$$
$$=[8\times(1+0.02)+(3/4)\times0.1]^{0}_{-0.1\times1/5}=8.24^{0}_{-0.02}$$

③模具型芯位置尺寸计算：

$$C=C_{塑}(1+k)\pm\delta/2=30\times(1+0.02)\pm(0.3\times1/6)/2=30.6\pm0.025$$

3. 螺纹型环和螺纹型芯的尺寸计算

（1）螺纹型环的尺寸计算

$$D_{中}=[D_{塑中}(1+k)-\Delta]^{+\delta}_{0} \quad (5\text{-}7)$$

$$D_{大}=[D_{塑大}(1+k)-\Delta]^{+\delta}_{0} \quad (5\text{-}8)$$

$$D_{小} = [D_{塑小}(1+k) - \Delta]^{+\delta}_{0} \tag{5-9}$$

式中　$D_{中}$——螺纹型环的中径尺寸；

$D_{大}$——螺纹型环的大径尺寸；

$D_{小}$——螺纹型环的小径尺寸；

$D_{塑中}$——塑件外螺纹的中径公称尺寸；

$D_{塑大}$——塑件外螺纹的大径公称尺寸；

$D_{塑小}$——塑件外螺纹的小径公称尺寸；

Δ——塑件外螺纹的中径公差；

δ——螺纹型环的制造公差值，对于中径，$\delta = \Delta/5$，对于大径和小径，$\delta = \Delta/4$。

（2）螺纹型芯的尺寸计算

$$d_{中} = [d_{塑中}(1+k) - \Delta]^{0}_{-\delta} \tag{5-10}$$

$$d_{大} = [d_{塑大}(1+k) - \Delta]^{0}_{-\delta} \tag{5-11}$$

$$d_{小} = [d_{塑小}(1+k) - \Delta]^{0}_{-\delta} \tag{5-12}$$

式中　$d_{中}$——螺纹型芯的中径尺寸；

$d_{大}$——螺纹型芯的大径尺寸；

$d_{小}$——螺纹型芯的小径尺寸；

$d_{塑中}$——塑件内螺纹的中径公称尺寸；

$d_{塑大}$——塑件内螺纹的大径公称尺寸；

$d_{塑小}$——塑件内螺纹的小径公称尺寸；

Δ——塑件内螺纹的中径公差；

δ——螺纹型芯的制造公差值，对于中径，$\delta = \Delta/5$，对于大径和小径，$\delta = \Delta/4$。

（3）螺距工作尺寸计算

$$P = P_{塑}(1+k) \pm \delta/2 \tag{5-13}$$

式中　$P_{塑}$——塑料螺纹制件螺距的公称尺寸；

δ——螺距的制造公差值，见表 5-7；

P——螺纹型环或螺纹型芯的螺距尺寸。

一般情况下，当螺纹牙数少于 7 ~ 8 牙时，可不进行螺距工作尺寸计算，而是靠螺纹的旋合间隙补偿。

表 5-7　螺纹型芯或型环螺距的制造公差　　（单位：mm）

螺纹直径	配合长度	制造公差 δ
3 ~ 10	≈12	0.01 ~ 0.03
12 ~ 22	> 12 ~ 20	0.02 ~ 0.04
24 ~ 66	> 20	0.03 ~ 0.05

5.4.3　型腔侧壁及底板厚度的计算

在注塑成型过程中，型腔承受塑料熔体的高压作用。因此，凹模与凹、凸模的底板必须具有足够的强度和刚度。如果凹模和底板的厚度过小，则强度、刚度会不足。强度不足会导致型腔产生塑性变形，甚至破裂；刚度不足将产生过大的弹性变形，并产生溢料间隙。表 5-8 列出了常用塑料的刚度条件[δ]值的允许范围。

表 5-8　常用塑料［δ］值允许范围

黏度特性	塑料品种	[δ]值允许范围/mm
高黏度	PC,PPO,PSF,HPVC	0.06 ~ 0.08
中黏度	PS,ABS,PMMA	0.04 ~ 0.05
低黏度	PA,PE,PP	0.025 ~ 0.04

模具型腔受力状况如图 5-51 所示。

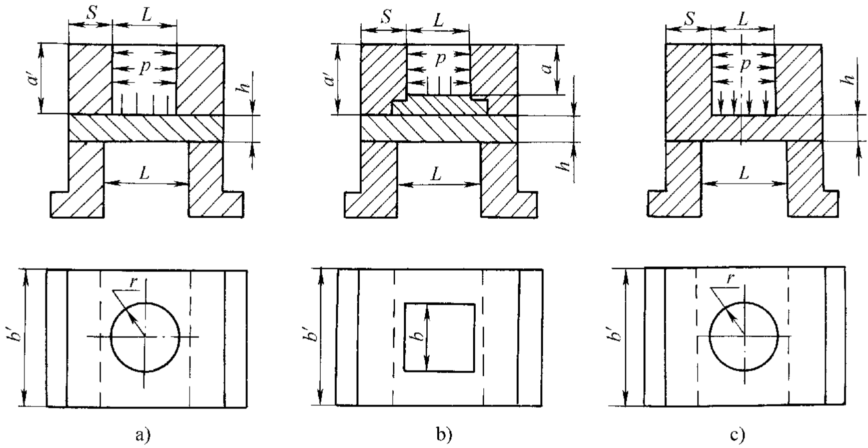


图 5-51　各种形式模具型腔受力分析

1. 型腔侧壁的厚度计算

对型腔厚度分别作强度和刚度计算，图 5-51a 结构的强度、刚度为最差，取计算所得数值大者作为厚度设计依据，则这个厚度值也能够满足后两种情况。

若型腔为圆形，则刚度计算公式为

$$S = r\left[\left(\frac{E[\delta]/rp - \mu + 1}{E[\delta]/rp - \mu - 1}\right)^{1/2} - 1\right] = \left[\left(\frac{E(\delta) + 0.75rp}{E(\delta) - 1.25rp}\right)^{1/2} - 1\right] \qquad (5\text{-}14)$$

强度计算公式为

$$S = \left[\left(\frac{[\sigma]}{[\sigma] - 2p}\right)^{1/2} - 1\right] \qquad (5\text{-}15)$$

式中 S——型腔侧壁厚度（mm）；

r——型腔半径（mm）；

$[\sigma]$——模具材料的许用应力（MPa）；

p——型腔所受压力（MPa）；

E——模具材料的弹性模量（MPa），碳钢为 2.1×10^5MPa；

$[\delta]$——刚度条件，即允许变形量（mm），由表 5-8 选取；

μ——模具材料的泊松比，碳钢为 0.25。

若型腔为矩形（见图 5-51b），则刚度计算公式为

$$S=\left(\frac{apL^4}{32Ea'[\delta]}\right)^{1/3}=0.31L\left(\frac{apL}{Ea'[\delta]}\right)^{1/3} \tag{5-16}$$

强度计算公式为

$$S=\left(\frac{apL^2}{2a'[\sigma]}\right)^{1/2}=0.71L\left(\frac{ap}{a'[\sigma]}\right)^{1/2} \tag{5-17}$$

式中 S——矩形型腔长边侧壁厚度（mm）；

p——型腔所受压力（MPa）；

L——型腔长边长度（mm）；

a——型腔侧壁受压高度（mm）；

a'——型腔侧壁全高度（mm）；

$[\delta]$——允许变形量（mm），由表 5-8 查得；

E——模具材料的弹性模量（MPa）；

$[\sigma]$——模具材料的许用应力（MPa）。

2. 型腔底板厚度计算

通常凹、凸模下面有一底板能起到支承作用，在动模一侧的底板因其下面顶出机构的空间，故此底板应具有足够的强度与刚度，其厚度可根据下列公式计算。

若型腔为圆形（见图 5-51a），则刚度计算公式为

$$h=\left[\frac{pr^2}{120Eb'[\delta]}(30\pi L^3-45\pi Lr^2+64r^3)\right]^{1/3} \tag{5-18}$$

强度计算公式为

$$h=r\left[\frac{p(3\pi L-8r)}{2b'[\sigma]}\right]^{1/2} \tag{5-19}$$

若型腔为矩形（见图 5-51b），则刚度计算公式为

$$h=\left[\frac{pbl}{32Eb'[\delta]}(8L^3-4Ll^2+l^3)\right]^{1/3} \tag{5-20}$$

强度计算公式为

$$h=\left[\frac{3pbl}{4b'[\sigma]}(2L-l)\right]^{1/2} \tag{5-21}$$

若型腔压力通过型芯或型腔镶块传递到支承板上，如图 5-52 所示。

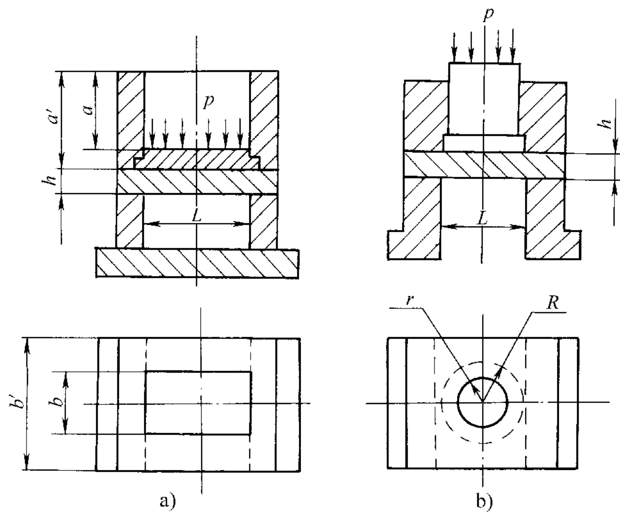


图 5-52 支承板受力情况

在利用以上公式时将型腔压力换算成支承板上的压力 p_1，即

$$p_1=(A/A_1)p \tag{5-22}$$

式中 p——型腔压力（MPa）；

p_1——支承板承受压力（MPa）；

A——型芯或镶块受压面积（mm^2）；

A_1——型芯或镶块底面面积（mm^2）。

由于注塑成型受温度、压力、塑料特性及塑件形状复杂程度等因素的影响，所以以上计算并不能完全真实地反映结果。通常模具设计中，型腔壁厚及支承板厚度不通过计算确定，而是凭经验确定的。表 5-9、表 5-10 列举了一些经验数据供设计时参考。

表 5-9 型腔侧壁厚度 *S* 的经验数据

型腔压力/MPa	型腔侧壁厚度 S/mm
<29(压塑)	$0.14L+12$
<49(压塑)	$0.16L+15$
<49(注塑)	$0.20L+17$

注：型腔为整体式，$L>100$mm 时，表中值需乘以 0.85～0.9。

表 5-10　支承板厚度 *h* 的经验数据　（单位：mm）

b	$b\approx L$	$b\approx 1.5L$	$b\approx 2L$
≤102	$(0.12\sim0.13)b$	$(0.10\sim0.11)b$	$0.08b$
>102~300	$(0.13\sim0.15)b$	$(0.11\sim0.12)b$	$(0.08\sim0.09)b$
>300~500	$(0.15\sim0.17)b$	$(0.12\sim0.13)b$	$(0.09\sim0.10)b$

注：当压力 $p<29\text{MPa}$，$L\geq1.5b$ 时，取表中数值乘以 1.25~1.35；当 $29\text{MPa}\leq p<49\text{MPa}$，$L\geq1.5b$ 时，取表中数值乘以 1.5~1.6。

5.5　合模导向及定位机构

合模导向机构对于塑料模具是不可少的部件，因为模具在闭合时要求有一定的方向和位置，必须导向。导柱安装在动模或者定模一边均可。有细长型芯时，以安在细长型芯一侧为宜。通常导柱设在模板四角。

导向机构主要有定位、导向、承受一定侧压力三个作用。定位作用是为了避免模具装配时方位搞错而损坏模具，并且在模具闭合后使型腔保持正确的形状，不至于因为位置的偏移而引起塑件壁厚不均，或者模塑失败；导向作用则是在动定模合模时，首先导向机构接触，引导动模、定模正确闭合，避免凸模或型芯撞击型腔，损坏零件。承受一定侧压力指塑料注入型腔过程中会产生单向侧压力，或由于注射机精度的限制，使导柱在工作中承受了一定的侧压力。当侧压力很大时，不能单靠导柱来承担，需要增设锥面定位装置。对于三板模、脱模板脱模等，导柱还要承受悬浮模板的重量。

合模导向机构主要有导柱导向和锥面定位两种形式，下面就对这两种机构的设计分别进行介绍。

5.5.1　导柱导向机构

导柱导向设计包括对导柱、导向孔的要求和典型结构导柱在模具上的布置等内容。

1. 导柱典型结构及要求

（1）导柱的典型结构　如图 5-53 所示，塑料模上导柱可不要油槽。A 型用于简单模具的小批量生产，可不需要导套，导柱直接与模板中导向孔配合，但是孔易磨损。如在模板中设导套，导向孔磨损后，只要更换导套即可。B 型用于精

度要求高、生产批量大的模具，要有导套配合，导套的外径与导柱的 d_1 相等，也就是导柱的固定孔与导套的固定孔同径，两孔可以一刀加工，以保证位置精度。另有一种 C 型是在 B 型的尾部有一和 d_1 相等的定位长度，在国外标准模架上大量采用，可省去定位销。

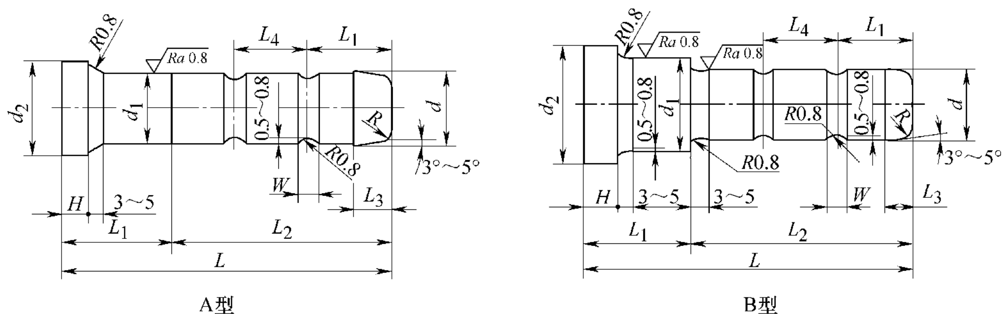


图 5-53　导柱典型结构

（2）对导柱结构和材料等的要求　导柱的长度必须比凸模端面的高度要高出 6 ~ 8mm，凸模进入型腔前用导柱导正，避免型芯型腔相碰而损坏。

1）形状。导柱的端部做成锥形或半球形的先导部分，使导柱能顺利进入导向孔。

2）材料。导柱应具有硬而耐磨的表面，坚韧而不易折断的内芯，因此多采用低碳钢（20 钢）经渗碳淬火处理，或碳素工具钢（T8A、T10）经淬火处理，硬度为 50 ~ 55HRC。

配合精度：导柱同导套的配合都是间隙配合，中小模具间隙小于 0. 04mm，大模具可略大，导柱装入模板多用过渡配合，如图 5-54 所示。此外，还有其他固定形式，如图 5-55 所示。图 5-55a 是导柱以过渡配合装入固定板，采用铆接固定的装配形式。这种形式多用于小直径的导柱。图 5-55b 的形式是为了便于加

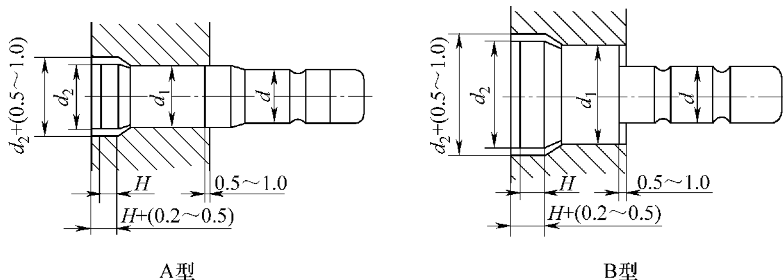


图 5-54　导柱配合固定形式

工，使导柱固定部分直径与导向孔直径相同。图 5-55c 是用螺钉固定导柱的形式。这三种目前很少采用。

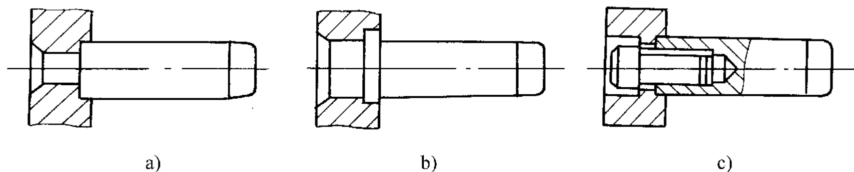


图 5-55　不常用的导柱固定形式

3）表面粗糙度。配合部分表面粗糙度要求为 $Ra=0.8\mu m$，或者更小。

为了提高生产效率，导柱一般做成标准件，因而推荐使用图 5-53 所示的两种典型结构。

2. 导向孔、导套的典型结构及要求

（1）导向孔的典型结构　导向孔可以直接设在模板上，这种形式加工简单，但热处理困难，损坏后不易修理，适用于生产批量小、精度要求不高的场合。为了检修更换方便，保证导向机构的精度，导向孔一般采用镶入导套的形式。典型结构如图 5-56 所示，同导柱 A 型一样，也有一种是在尾部加一定位部分，可省去定位销，并能提高导向的精度。

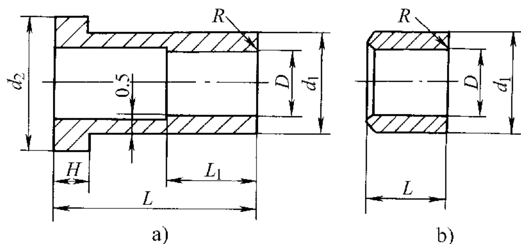


图 5-56　导套典型结构

（2）对导向孔结构的要求

1）形状。为了使导柱进入导套比较顺利，在导套的前面倒一圆角 R，内孔有一定锥度。为了装配方便，外圆头部也有锥度。导柱孔最好打通，否则，导柱进入未打通的导柱孔（不通孔）时，孔内空气无法逸出，而产生反压力，给导柱的进入造成阻力，合模时有较大噪声。当结构需要开不通孔时，就要在不通孔的侧面增加通气孔（见图 5-57a），或者在导柱上磨出排出槽（见图 5-57b）。

2）材料。可用淬火钢等耐磨材料制造，但其硬度应低于导柱硬度。这样可以改善摩擦，以防止导柱与导套拉毛。多用 20 钢渗碳后淬火或 T8A、T10 淬火。

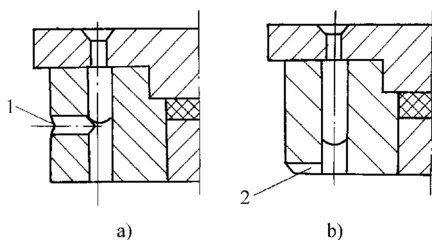


图 5-57　通气位置
1、2—排气槽

3）导套精度与配合。同模板的装配一般 A 型用过渡配合，B 型用过盈配合，如图 5-58a、b 所示。为了可靠起见，可以再用止动螺钉紧固。图 5-59a 是导套的侧面加工一平面切口或小坑，用螺钉固定的方法，要注意导套的压力方向。图 5-59b 是以环形槽代替切口的方法，加工工序略为简单。导套在淬火时可能产生裂纹，最好将环形槽底部做成圆角，以弥补缺陷。图 5-59c 是侧面开孔，用螺钉固定的方法，与图 5-59a 一样，要注意导套的压入方向。图 5-59d 是最简单的方法，导套压入后在端部用铆接的方法固定，只是不易更换。

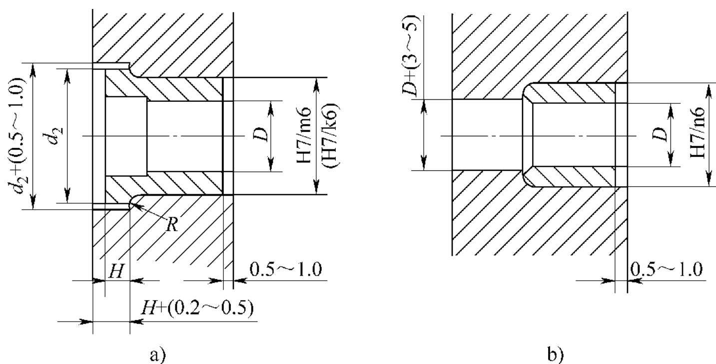


图 5-58　与固定孔配合

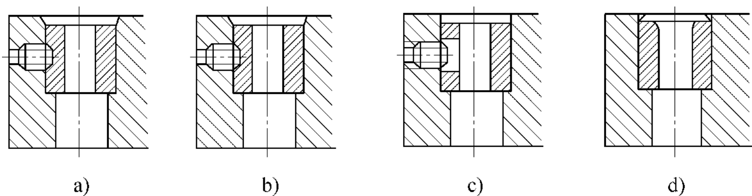


图 5-59　固定形式

4）表面粗糙度。配合部分表面粗糙度要求为 $Ra=0.8\mu m$，或者更低。

3. 导柱与导套配合实例

由于模具的结构不同，选用的导柱和导套的结构也不同，常见的配合形式如图 5-60 所示。图 5-60a 是用 A 型导柱，没有导套，直接在型板上加工导向孔，容易磨损。导柱固定部分用过渡配合，伸入导向孔部分用间隙配合，用于小批量低精度塑件的模具。图 5-60b 是用 A 型导柱、A 型导套的结构，是比较常见的一

种结构。图 5-60c 是用 A 型导柱、B 型导套的结构。图 5-60d 是用 B 型导柱、B 型导套的结构。图 5-60e 是用 B 型导柱、A 型导套的结构。还有上述改良型的导柱导套的用法，这种结构在标准模架上很常见。图 5-60d、e 两种结构导柱固定孔与导套固定孔尺寸一致，便于配合加工，保证了同轴度。有些标准模架采用带定位导柱导套，装配略有差异。

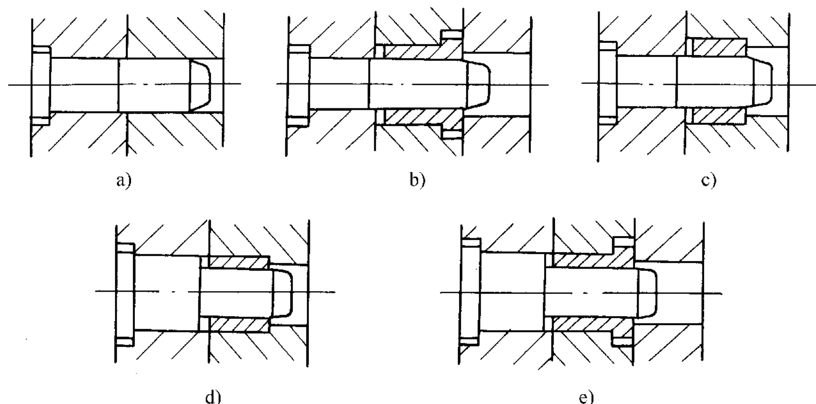


图 5-60　导柱与导套的配合形式

4. 导柱布置

根据模具的形状和大小，在模具的空余位置设导柱和导套孔。导柱用两根至四根不等，其布置原则是必须保证动定模只能按一个方向合模，不要在装配时或合模时因为方位搞错使模具损坏。同时，长导柱不要妨碍取件和浇注系统的取出。布置形式如图 5-61 所示。图 5-61a 是两根直径不同的导柱，对称布置；图 5-61d 是四根直径不同的导柱，对称布置。标准模架上，一般是用图 5-61c 所示的形式。图 5-61b 适用于外形为圆形的模架。对于大型模具，导柱导套的数目可能用得更多，可用粗导向和精确导向两组。

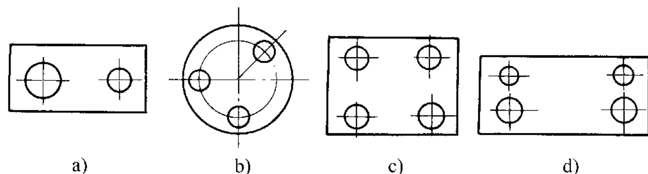


图 5-61　导柱布置形式

5.5.2 锥面定位机构

锥面定位用于成型大型、深腔、精度要求高的塑件，特别是薄壁容器、偏心塑件。由于制件大，成型压力就有可能引起型芯或型腔偏移，如果这个力完全由导柱来承受，会发生导柱卡住或损坏的现象，因此采用锥面定位，如图 5-62 所示。锥面配合有两种形式：一种是两锥面之间有间隙，将淬火的零件（图中右上图）装于模具上，使之和锥面配合，以制止偏移；另一种是两锥面都要淬火处理，角度 5°20′，高度为 15mm 以上。还可采用锥形导柱定位，如图 5-63 所示。

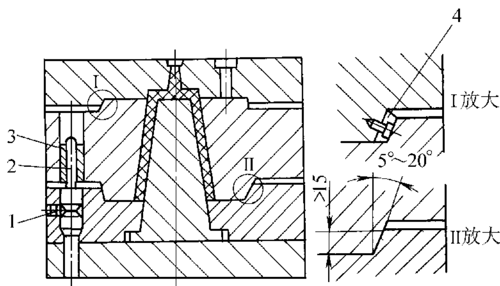


图 5-62 锥面定位

1—止动螺钉 2—导柱 3—导套 4—耐磨镶件

对于矩形型腔，也可以采用锥面定位，在型腔四周利用几条凸起来的斜边定位，如图 5-64 所示。

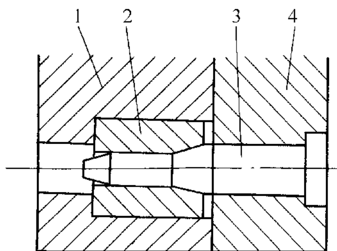


图 5-63 锥形导柱定位

1—动模 2—导套 3—锥形导柱 4—定模

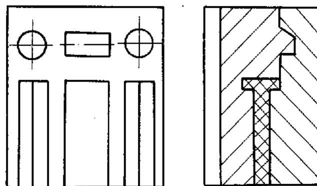


图 5-64 矩形型腔锥面定位

模具上无论有无锥面定位，为了在注塑机上装拆方便，以及工作安全等原因，通常导柱导套导向机构在模具上还是不可缺省的。在有锥面导向时，导柱导套可作初始导向，锥面作精确对中导向，并加固型腔。

5.6 脱模机构

5.6.1 简介

在注塑成型的每一循环中，塑件必须由模具型腔中脱出，脱出塑件的机构称为脱模机构，或推出机构。下面分别叙述脱模机构的结构、分类和对脱模机构的

具体要求。

1. 脱模机构的结构

脱模机构的结构如图 5-65 所示，主要由 7 个零件组成。推出零件直接与塑件接触，将塑件推出型腔，在图 5-65 中为推杆 1；推杆需要固定，因此设推出固定板 2 和推板 5，两板由螺钉联接，注塑机上的顶出力作用在推出板上；为了使推出过程平稳，推出零件不致于弯曲或卡死，常设有推出系统的导柱 4 和导套 3；推板的回程是靠复位杆 7 实现的；最后一个零件就是拉料杆 6，它的作用是勾着浇注系统的冷料，使其随同塑件一起留在动模。并不是所有的模具都必须有这些零件，这要由结构需要确定。有的模具还设有挡销 8，挡销有两个作用：一是使推板与底板之间形成间隙，以便清除废料及杂物（多用于压制模结构中）；另一作用是由调节挡销的厚度来控制推杆的位置及推出距离。

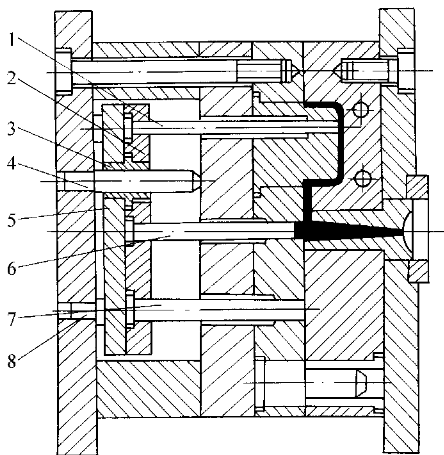


图 5-65　脱模机构

1—推杆　2—推出固定板　3—导套　4—导柱　5—推板　6—拉料杆　7—复位杆　8—挡销

2. 对脱模机构的要求

（1）塑件留于动模　模具的结构应保证塑件在开模过程中留在具有脱模装置的半模，即动模上。若因塑件几何形状的关系，不便留在动模时，应考虑对塑件的外形进行修改或在模具结构上采取强制留模措施，若实在不易处理时，应在另半模，即定模上设脱模装置。

（2）塑件不变形损坏　要保证塑件在脱模过程中不变形，这是脱模机构应当达到的基本要求。要做到这一点，首先必须正确地分析塑件对型腔的附着力的大小和所在部位，以便选择合适的脱模方式和脱模位置，使脱模力得以均匀合理的分布。

由于塑件收缩时包紧型芯，因此顶出力作用点应尽可能靠近型芯。同时推出力应施于塑件刚度强度最大的部位，如肋部、凸肋、壳体侧壁等处，作用面积也应尽可能大一些。

塑件与型腔的附着力，多由塑件收缩引起，它与塑料的性能、塑件的几何形状、模具温度、冷却时间、脱模斜度以及型腔的表面粗糙度有关。由于影响因素较多，精确计算异形制件的脱模力比较困难，常用与类似制件比较的方法，即收缩率大、壁厚、型芯形状复杂、脱模斜度小以及型腔表面粗糙度值高时，脱模阻

力就大，反之则小。应综合上述因素来确定脱模零件的结构尺寸。

（3）良好的塑件外观　推出塑件的位置应尽量设在塑件内部，以免损伤塑件的外观。

（4）结构可靠　脱模机构要工作可靠、运动灵活、制造方便、配换容易。

3. 脱模机构的分类

脱模机构可以按动力来源分类，也可以按模具结构分类。

（1）按动力来源分类　动力来源是指以什么作为动力使塑件脱出，常见的有人工操纵机械顶出和液压、气压驱动。现分述如下：

1）手动脱模。当模具分模后，用人工操纵脱模机构，脱出塑件，多用于注塑机不设脱模装置的定模一方。

2）机动脱模。靠注塑机的开模动作脱出塑件。开模时塑件先随动模一起移动，到一定位置时，脱模机构被注塑机上固定不动的顶杆顶住而不能随动模移动。动模继续移动时，塑件由脱模机构推出型腔。

当定模部分也设脱模机构时，可以通过拉杆或链条等装置，在动模开到一定位置时，拉动定模脱模机构，实现机动脱模。

带螺纹的塑件可用手动或机动实现旋转运动，脱出塑件。

3）液压脱模。注塑机上设有专用的顶出液压缸，当开模到一定距离后，活塞动作，实现脱模。

4）气动脱模。利用压缩空气将塑件由型腔中吹出。

（2）按模具结构的分类　由于塑件形状的不同，脱模机构可分为简单脱模机构、双脱模机构、顺序脱模机构、二级脱模机构、浇注系统脱模机构以及带螺纹塑件的脱模机构等。

5.6.2　脱模力计算

塑件在模具中冷却定型时，由于体积收缩，其尺寸逐渐缩小，而将型芯或凸模包紧，在塑件脱模时必须克服这一包紧力。对于不带通孔的壳体类塑件，脱模时还要克服大气压力。此外，尚需克服机构本身运动的摩擦阻力及塑料和钢材之间的黏附力。

开始脱模时的瞬间所要克服的阻力最大，称为初始脱模力，以后脱模所需的力称为相继脱模力，后者要比前者小，所以计算脱模力时，总是计算初始脱模力。

所需的推出脱模力可按图 5-66 估算，即

$$F_2 = F_1\cos\alpha$$

$$F_3 = F_3' = F_1\sin\alpha$$

$$F_4 = \mu F_2 = \mu F_1\cos\alpha$$

于是 $$F_{脱} = (F_4 - F'_3)\cos\alpha = (\mu F_1\cos\alpha - F_1\sin\alpha)\cos\alpha = F_1\cos\alpha(\mu\cos\alpha - \sin\alpha) \quad (5\text{-}23)$$

式中　F_1——制件对凸模的包紧力（N）；

F_2、F_3——F_1 的垂直和水平分量（N）；

F'_3——凸模表面对 F_3 产生的反作用力（N）；

F_4——沿凸模表面的脱模力（N）；

$F_{脱}$——沿制件出模方向所需的脱模力（N）；

α——脱模斜度或凸模侧壁斜角（°）；

μ——塑料在热塑状态下对钢的摩擦系数，约取 0.2。

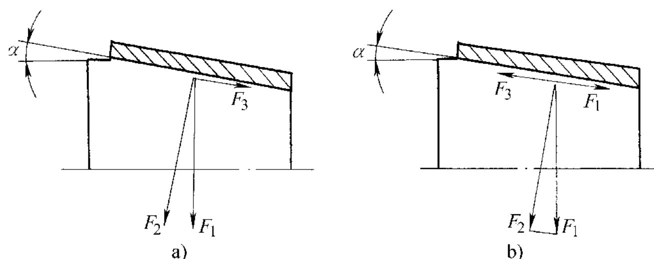


图 5-66　塑件脱模时的受力情况

a）静止状态　b）脱模状态

其中 $$F_1 = L_c h p_{包}$$

式中　L_c——凸模成型部分的截面周长（mm）；

h——凸模被制件包紧部分的高度（mm）；

$p_{包}$——制件对凸模的单位包紧力（MPa），其数值与制件的几何特点及塑料性质有关，一般可取 8～12MPa。

5.6.3　简单脱模机构

简单脱模机构是最常见的结构形式，包括推杆脱模机构、推管脱模机构、推板脱模机构、活动镶件或凹模脱模机构、多元件综合脱模机构和气动脱模机构等种类。现分述如下：

1. 推杆脱模机构

推杆是推出机构中最简单、最常见的一种形式。由于推杆加工简单，更换方便，脱模效果好，因此在生产中广泛应用。但是，因为推杆推出面积一般比较小，易引起应力集中而顶穿塑件或使塑件变形，所以很少用于脱模斜度小和脱模阻力大的管件或箱类塑件。

这里主要介绍推杆设计的注意事项、推杆的形状与尺寸、推杆与推出固定板

的连接形式。

（1）推杆设计注意事项

1）推出位置。推杆的推出位置应设在脱模阻力大的位置，如图 5-67 所示。盖或箱类塑件，侧面是阻力最大的位置，因此在端面设置推杆是理想的，而在里面设置推杆时，以靠近侧壁的位置为好。如果只在中心部分推出，可能会出现裂纹或顶透塑件的现象。当塑件各处脱模阻力相同时，推杆应均等设置，使塑件脱模时受力均匀，以免塑件变形。图 5-68 是局部有细而深的凸台或肋的情况，如果仅以推杆推侧壁，会产生裂纹，甚至使塑件局部留于模具内，所以必须在凸台或肋的底部设推杆，以便可靠地脱模。

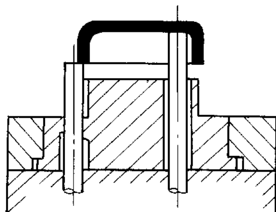


图 5-67　推杆推出形式

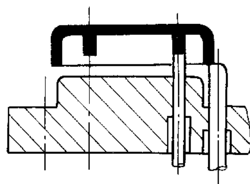


图 5-68　肋部增设推杆结构

推杆不宜设在塑件最薄处，以免塑件变形或损坏，当结构需要设在薄壁处时，可增大推出面积来改善塑件受力状况。图 5-69 所示是采用推出盘推出的形式。

2）直径。推杆直径不宜过细，应有足够的刚度承受推出力，当结构限制推出面积较小时，为了避免细长杆变形，可设计成阶梯形推杆，见图 5-68 中顶肋部的推杆。

3）装置位置。推杆端面应和型腔在同一平面或比型腔的平面高出 0. 05 ~ 1mm，否则会影响塑件使用。

4）数量。在保证塑件质量，能够顺利脱模的情况下，推杆的数量不宜过多。当塑件不允许有推出痕迹，可用推出耳的形式，如图 5-70 所示，脱模后将推出耳剪掉。

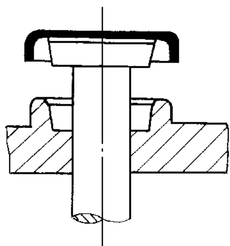


图 5-69　推出盘推出

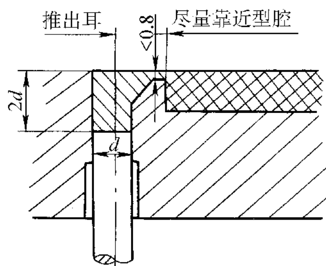


图 5-70　推出耳形式

按照塑件的形状，推杆的端面形状除了最常用的圆形外，还有各种特殊的断面形状。这些特殊断面形状的推杆，其本身的加工和热处理并不太困难，但是孔的加工则很困难，必须用电火花等特殊加工方法，因此尽量少采用。

（2）推杆形状与尺寸　推杆的材料多用 45 钢、T8 或 T10。推杆头部要淬火处理达 50HRC 以上，表面粗糙度值 Ra 要求在 0.8μm 以下，推杆的滑动配合部分 Ra 为 0.8μm 即可，其他部位的表面粗糙度值还可以大些。图 5-71 为各种形式的推杆。A 型是最简单的结构形式，应用最广，直径 d 与型腔部分推杆孔的配合一般为 H7/f8，装配部分应保证有 $D-d=$ 4～6mm 的轴肩固定，轴肩厚约 4～6mm。这三部分尺寸关系也适用于以下几种形式。B 型是阶梯形推杆，用于推杆直径较小的情况，为了增加推杆的刚度，将非推出部分直径扩到 d_1，一般 $d_1=2d$。C 型为阶梯式插入杆结构，由于推杆较细，与塑料接触的滑动配合部分要选用优质钢材。因此，直径为 d 的部分插入 d_1，插入部分用过渡配合，长度 $M=(4\sim6)d$，然后以焊接固定（C 型下面两图所示）。D 型是特殊断面形状的直接切削加工的推杆。E 型是特殊断面插入式推杆，为了防止拔出，在杆的两端铆接使之固定，插入部分长度 $M=(1\sim2)d$，$O=(0.3\sim0.5)d$，$P=(0.4\sim0.7)d$，$Q=(3\sim4)$mm。以上各种形式推杆的 L 和 N 值由结构决定。图 5-72 是各种推杆的应用实例。图 a 为 A 型推杆应用实例，推杆与推杆孔的配合部分长度 $S=(2\sim3)d$；图 b、c 为阶梯形推杆的整体式和插入式应用实例，由于推杆直径较小，配合部分长度一般等于 10mm；图 d、e 是特殊断面的推杆整体式和插入式实例。

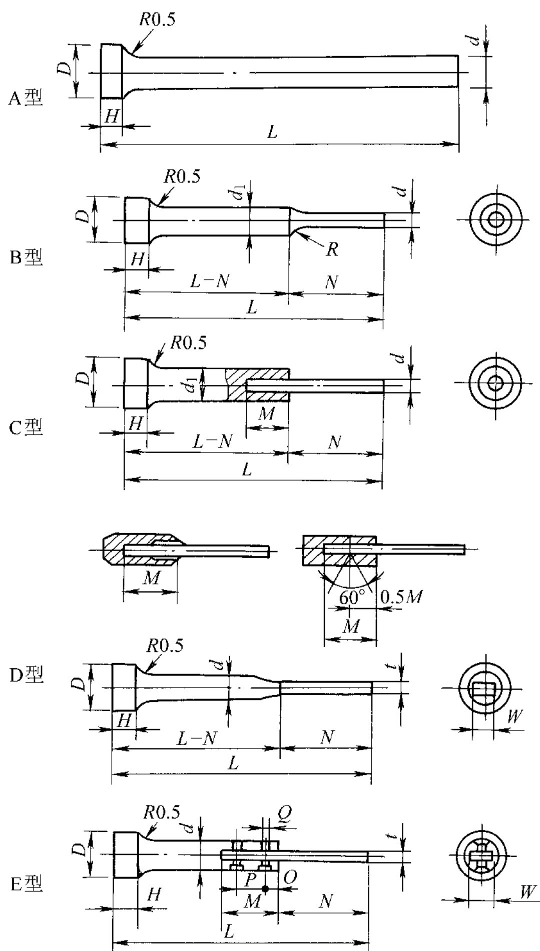


图 5-71　推杆的形状

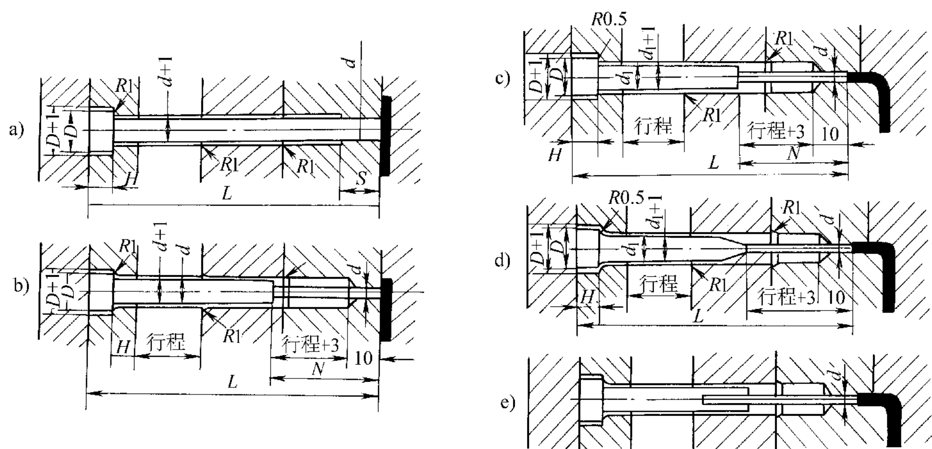


图 5-72　各种推杆应用实例

（3）推杆与推出固定板的连接形式　如图 5-73 所示，图 a 是最常用的结构形式；图 b 采用了垫块或垫圈来代替固定板上的凹坑，使之加工简化；图 c 的特点是推杆高度可以调节，螺母起固定锁紧作用；图 d 的结构用于推杆固定板较厚的情况，推杆采用螺钉紧定；图 e 用于细小的推杆，以铆接的方法固定；图 f 用于粗大的推杆，采用螺钉紧固的方法。

2. 推管脱模机构

推管是推出圆筒形塑件的一种特殊结构形式，其脱模运动方式与推杆相同。由于塑件几何形状呈圆筒形，在其成型部分必然设置一个型芯，所以要求推管的固定形式必须与型芯的固定方法相适应。

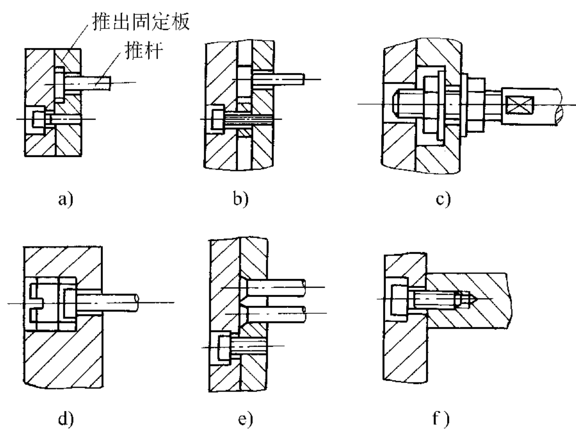


图 5-73　推杆的固定形式

图 5-74a 是型芯用圆销或键固定的方式，要求推管在轴向开槽，容纳与圆销（或键）相干涉部分，槽的位置与长短依模具结构和推出距离而定，这种形式型芯的紧固力较小；图 5-74b 是型芯固定在模具底板上的形式，型芯较长，但结构

可靠，多用于脱模距离不大的场合；图 5-74c 推管在型板内滑动，可以缩短推管和型芯的长度，但型板的厚度增加。

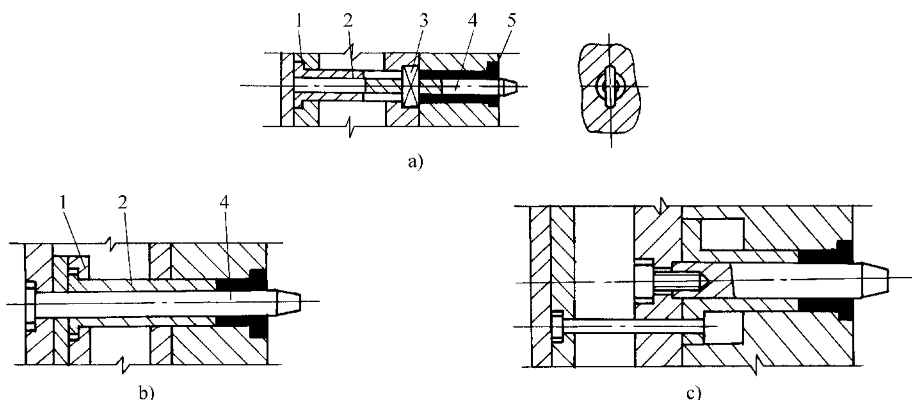


图 5-74　推管推出结构

1—推板　2—推管　3—方销　4—型芯　5—塑件

推管的材料和推杆一样，多用 45 钢、T8 或 T10 等。端部要淬火，硬度达 50HRC 以上，表面粗糙度值 Ra 要求在 0.8μm 以下，滑动配合部分 Ra 为 0.8μm，其他部分的表面粗糙度值还可以大些。

推管的形状如图 5-75 所示，推管的内径与型芯配合，外径与模板配合，一般均为间隙配合。对于小直径推管取三级精度，大直径推管取二级精度。推管与型芯的配合长度为推出行程加 3～5mm，推管与模板的配合长度一般等于 (0.8～2)D，其余部分扩孔，推管扩孔 d＋0.5mm，模板扩孔 D＋1mm。

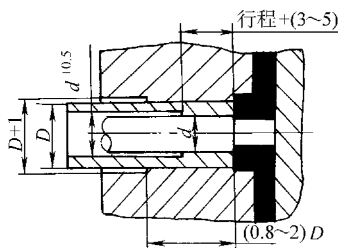


图 5-75　推管的形状

3. 推板脱模机构（推板推出机构）

凡是薄壁容器、壳体形塑件以及不允许在塑件表面留有推出痕迹的塑件，可采用推板脱模。推板推出的特点是推出力均匀，运动平稳，且推出力大。但是对于非圆外形的塑件，其配合部分加工较困难，图 5-76 中介绍了 5 种推板脱模结构。其中图 a、b 推板与推件板之间采用了固定连接，以防止推板在推出过程中脱落。在生产实践中也经常见到推板和推件板之间无固定连接的形式，如图 c、d、e 所示，只要严格控制推出距离，导柱有足够的长度，推件板也不会脱落。图 a、e 应用最广；图 b 是推板镶入动模板内，结构比较紧凑；图 c 的结构适用于两侧具有推出杆的注塑机，模具结构可以大为简化，但推板要适当增大和加

厚，以增加刚度；图 d 是用定距螺钉的头部顶推件板，定距螺钉的另一端和推板连接，这样可以省去推出固定板。

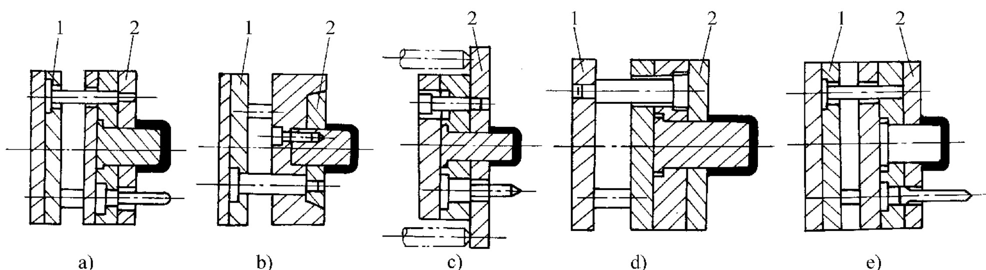


图 5-76 推板脱模结构
1—推板 2—推件板

推板脱模结构不必另设复位机构。在锁模过程中，待分型面一接触，推板即可在锁模力的作用下回到初始位置。

为了减小脱模过程中推板和型芯的摩擦，在推板和型芯之间留有 0.2mm 的间隙，如图 5-77 所示。其配合锥度还起到了辅助定位作用，防止推板偏心而引起溢料。

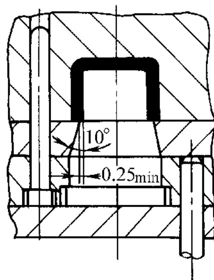


图 5-77 带周边间隙和锥形配合面的推件板

对于大型深腔的容器，特别是采用软质塑料时，若用推板脱模，应考虑附设进气装置（见图 5-78），以防止在脱模过程中塑件内腔形成真空，造成脱模困难，甚至使塑件变形损坏。当推板推出塑件，在型芯与塑件中间出现真空时，图 5-78 所示结构是靠大气压力使中间进气阀进气的。还可以把进气阀连在推件板上，见图 5-79。

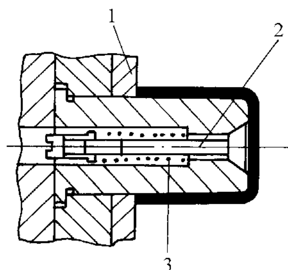


图 5-78 进气装置
1—推件板 2—推杆 3—弹簧

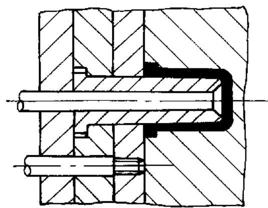


图 5-79 进气阀连接在推件板上的结构

4. 活动镶件或凹模脱模机构

有一些塑件由于结构形状和所用材料的关系，不能采用推杆、推管、推板等推出机构脱模时，可用成型镶件或凹模带出塑件。图 5-80 所示为用可动成型镶件在推出杆的作用下，实现塑件脱模的结构。图 5-80a 所示为用推出杆顶螺纹型芯；图 5-80b 所示为用推出杆顶螺纹型环，为便于螺纹型环安放，推出杆采用弹簧复位；图 5-80c 所示为利用成型塑件内壁突出部分的镶块推出。以上三种都是成型镶件和塑件一起推出模外。图 5-80d 所示为镶块固定在推出杆上，塑件脱模时，镶块不与模体分离，故在推出动作完成后，尚需将塑件用手取下。图 5-81 所示为用型腔带出塑件的例子，塑件脱离型芯后还要用手将塑件从型腔中取出，因此型腔数不能太多，否则取出塑件困难。

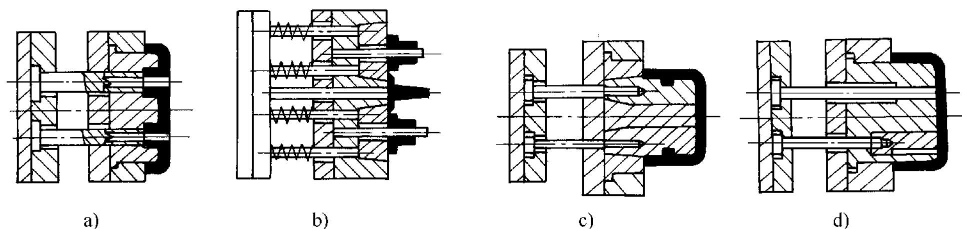


图 5-80　利用活动镶件带出塑件的结构

5. 多元件综合脱模机构

在实际生产中往往遇到一些复杂塑件，如果采用单一的脱模形式，不能保证塑件的质量，这时就要采用两种或两种以上的多元件脱模结构，如图 5-82 所示。图 5-82a 是推杆、推板并用的例子，因为在型芯内有脱模阻力大的部分，若仅用推板脱模，可能产生断裂或残留的现象，因此增加推杆，可保证塑件顺利脱模，但是由于推杆在型芯内部，所以给型芯的冷却带来了困难；图 5-82b 是局部有脱模斜度小且深的管状凸起，在其周边和里面脱模阻力大，因此采用推管和推杆并用机构；图 5-82c 的塑件与图 5-82b 所示塑件相同，是采用推板和推管并用的机构。

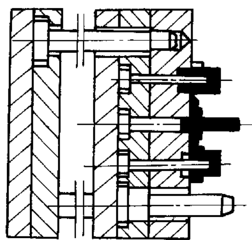


图 5-81　利用型腔脱膜结构

6. 气压脱模机构

使用气压脱模虽然要设置通过压缩空气的通路和气门等，但加工比较简单，对于深腔塑件，特别是软性塑料的脱模是有效的。如图 5-83 所示，塑件固化后开模，通入 0.1 ~ 0.4MPa 压缩空气，使阀门打开，空气进入型芯与塑件之间，使塑件脱模。

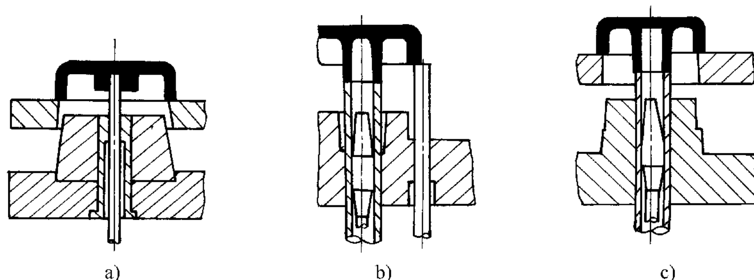


图 5-82 多元件联合脱模

图 5-84 所示的结构用于深腔薄壁的塑件。为了保证塑件质量，除了采用推板推出外，还在这个板和型芯间吹入空气，使脱模顺利、可靠。

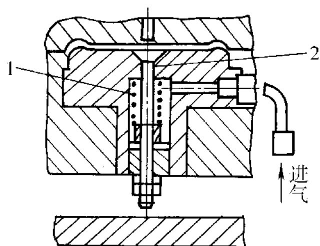


图 5-83 气压脱膜
1—弹簧 2—阀杆

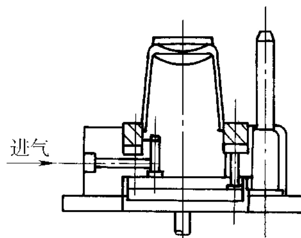


图 5-84 推板与气动联合脱模

7. 脱模系统辅助零件

为了保证塑件的顺利脱模和各个推出部分运动灵活，以及推出元件的可靠复位，必须有以下辅助零件的配合使用：

（1）导向零件 大面积的推出板在推出过程中，防止其歪斜和扭曲是很重要的，否则会造成推杆变形、折断或使推板与型芯磨损研伤。因此，要求在脱模机构中设置导向装置，见图 5-85。图 5-85a、b 的导柱还起支承作用，以减小中间垫板的弯曲。对于生产批量小、推出杆数量少的模具，推出导向系统可以不用导向套，如图 5-85a 所示；导柱也有固定在中间垫板上的，如图 5-85c 所示。

（2）复位杆（回程杆、反推杆） 脱模机构在完成塑件脱模后，为进行下一个循环，必须回到初始位置，除推板脱模外，其他脱模形式一般均需设复位杆。目前常用的回程形式有复位杆、推出杆兼复位杆、弹簧回程。现分述如下：

1）复位杆回程。图 5-86a 是复位杆的工作端面顶在不淬火的定模固定板上，为此须在固定板上镶入一淬火垫块，以免在工作中复位杆将定模固定板推出凹坑，影响准确复位；图 5-86b 的复位杆是顶在淬火的分型面上。

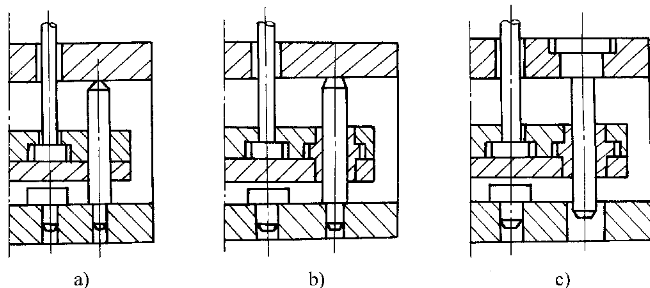


图 5-85　推出系统的导向装置

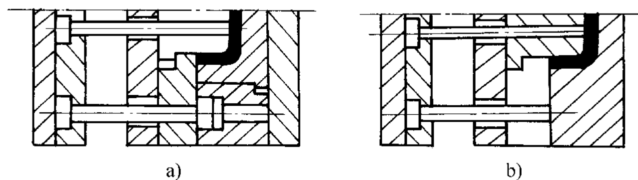


图 5-86　复位杆

2）推杆兼复位杆回程。在塑件的几何形状和模具结构允许的情况下，推杆兼复位杆的形式如图 5-87a、b 所示。

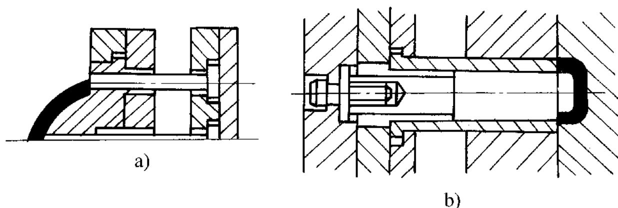


图 5-87　推出杆兼复位杆结构

3）弹簧回程。利用弹簧的弹力使脱模系统复位，如图 5-88 所示。图 5-88a 是在弹簧的内孔装一定位杆，以免工作时弹簧扭斜；图 5-88b 是当推出板的空位不够时，将弹簧套在推出元件上的形式。使用弹簧回程结构简单，但须注意弹力要足够。因弹簧易失效，要按时更换。

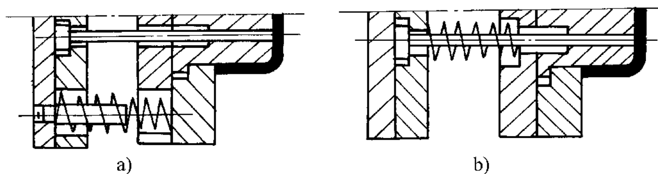


图 5-88　弹簧回程

5.6.4 双脱模机构

在设计模具时，原则上应力求使塑件留在动模一边。但有时由于塑件形状比较特殊，会使塑件留于定模一边或者留于动定模的可能性都存在时，这样就应考虑在定模上设置脱模机构。图5-89介绍了两种常见的结构形式。图5-89a是利用弹簧的弹力使塑件首先从定模内脱出，留在动模上，然后再利用动模上的推出机构使塑件脱模。这种形式结构紧凑、简单，适用于塑件对定模黏附力不大、脱模距离不长的塑件，要注意弹簧的失效问题。图5-89b是利用杠杆的作用实现定模脱模的结构，开模时固定于动模上的滚轮压动杠杆，使定模推出装置动作，迫使塑件留于动模上，然后再利用动模上的推出机构使塑件脱模。

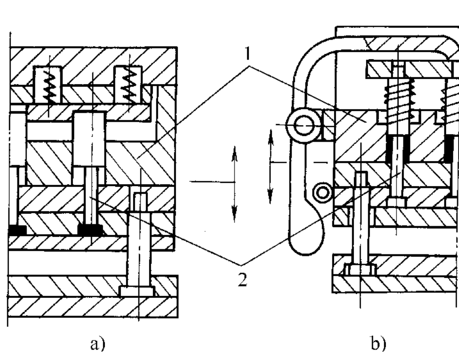


图5-89 双脱模机构
1—型腔 2—型芯

图5-90是气动双脱模机构，动定模均有进气口与气阀。开模时，首先定模的电磁阀开启，使塑件脱离定模而留在动模型芯上，定模电磁阀关闭。开模终止时，动模电磁阀开启把塑件吹落。

5.6.5 顺序脱模机构

根据塑件外形需要，模具在分型时须先使定模分型，然后再使动、定模分型，这样的装置叫顺序脱模机构，又叫定距分型拉紧机构。例如，塑件的结构需要先脱开定模内的一些成型部分，或者是为了取出点浇口的浇注系统凝料，以及活动侧型芯设置在定模上时都需要首先使定模分开一定距离后模具再分型。下面介绍几种顺序脱模机构：

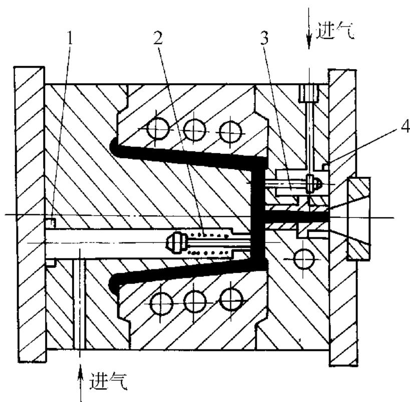


图5-90 气动双脱模机构
1、4—密封圈 2、3—空动阀门

1. 弹簧顺序脱模机构

如图5-91所示，在闭模时弹簧受压缩，开模过程中借助弹簧的恢复力使*A—A*面首先分型。分到一定距离后，限位螺钉限制定模移动，模具从*B—B*面分型脱模。

2. 拉钩顺序脱模机构

图 5-92 所示是拉钩顺序脱模的两种形式。图 5-92a 设置了拉紧装置，由压块 1、挡块 2 和拉钩 3 组成，弹簧的作用是使拉钩处在拉紧挡块的位置。开模时首先从 *A*—*A* 面分型，开到一定距离后，拉钩 3 在压块 1 的作用下，产生摆动而脱钩，定模在拉板 4 的限制下停止运动，从 *B*—*B* 面分型。图 5-92b 的动作原理与图 5-92a 相同，所不同的是用滚轮 6 代替了压块 1 的作用，为了便于脱模，拉钩拉住动模上挡块的角度 α 取 1°～3°为宜。图 5-93 是拉钩顺序脱模的另一种形式，动作原理同上。

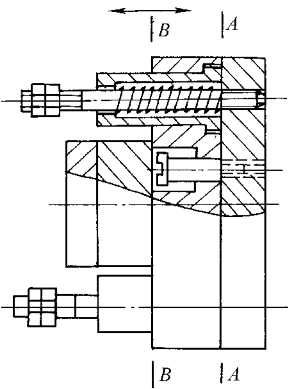


图 5-91　弹簧顺序脱模机构

3. 滑块顺序脱模机构

图 5-94 所示为模具闭合位置。固定于动模 2 上的拉钩 4 紧钩住能在定模 3 内移动的滑板 5，开模时动模通过拉钩 4 带动定模 3，使 *A* 面首先分型，分开一定距离后，滑块 5 受到限距压块 8 斜面的作用向模内移动而脱离拉钩 4，由于定距螺钉的作用，在动模继续移动时，分型面 *B* 分开。闭模时滑板 5 在拉钩斜面的作用下向模内移动，当模具完全闭合后，滑板在弹簧 9 的作用下复位，使拉钩 4 钩住滑板 5，恢复拉紧位置。

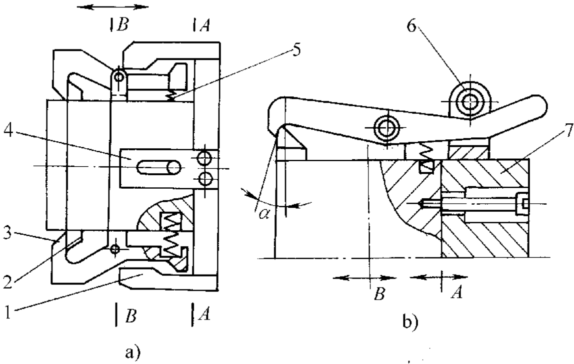


图 5-92　拉钩顺序脱模机构
1—压块　2—挡块　3—拉钩　4—拉板
5—弹簧　6—滚轮　7—定模

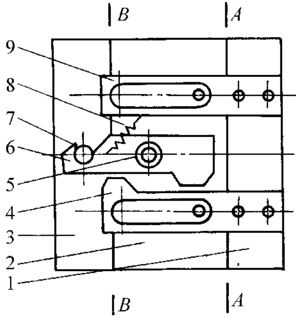


图 5-93　拉钩顺序脱模机构
1—定模板　2—定模型腔
3—动模板　4—凸块　5—转轴
6—拉钩　7—圆销
8—拉伸弹簧　9—定距拉板

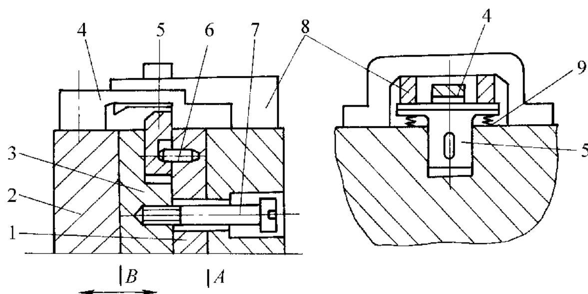


图 5-94　滑块顺序脱模机构

1—垫板　2—动模　3—定模　4—拉钩　5—滑块　6—定距销钉

7—定距螺钉　8—限距压块　9—弹簧

4. 导柱顺序脱模机构

如图 5-95 所示，开模时，由于弹簧 8 的作用，使定位钉 7 紧压在导柱 1 的半圆槽内，以使模具从 *A* 面分型。当导柱拉杆 3 上的凹槽与限距钉 4 相碰时，定模型腔 2 停止运动，强制定位钉 7 退出导柱 1 的半圆槽，模具从 *B* 面分型。继续开模时，在推杆的作用下，推板 5 将塑件推出。这种机构简单，但是拉紧力小，只能用于塑料黏附力小的场合。

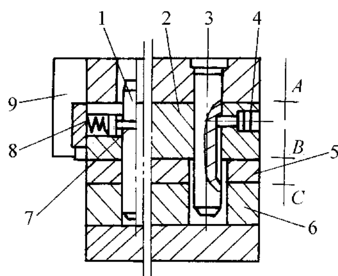


图 5-95　导柱顺序脱模机构

1—导柱　2—定模型腔　3—导柱拉杆

4—限距钉　5—推板　6—动模固定板

7—定位钉　8—弹簧　9—锁紧楔

5.6.6　二级脱模机构

一般塑件从模具型腔中脱出，无论是采用单一的或多元件的推出机构，其脱模动作都是一次完成的。但有时由于塑件的特殊形状或生产自动化的需要，在一次脱模动作完成后，塑件仍然难以从型腔中取出或不能自动脱落，此时就必须再增加一次脱模动作才能使塑件脱落。有时为了避免一次脱模塑件受力过大，也采用二次脱模。如薄壁深腔塑件或形状复杂的塑件，由于塑件和模具的接触面积很大，若一次推出易使塑件破裂或变形，因此采用二次脱模，以分散脱模力，保证塑件质量。这类脱模机构又称为二次推出机构。

1. 气动二级脱模机构

气动脱模可以单独使用，也可以与其他脱模形式配合使用，如图 5-96 所示。塑件脱离型芯是靠推板推出，实现一次脱模，然后气阀打开将塑件吹离推板，自动脱模。也可以一次脱模采用气动或液压驱动推板实现，二次脱模靠推出系统完成，如图 5-97 所示。这种方法动作可靠，计时准确，但是需要动力源液压泵或空气压缩机，还需要控制系统，模具装配后占据空间大，因此适用于大型模具大

批量生产的场合。对于深腔塑件，由于塑件收缩紧固在型芯上的力比较大，一般单纯使用气动脱模是有困难的，应配合其他形式一起使用。

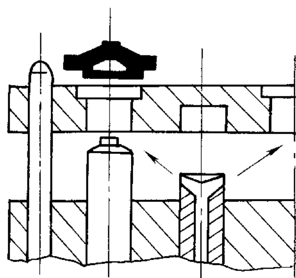


图 5-96　气动二级脱模机构

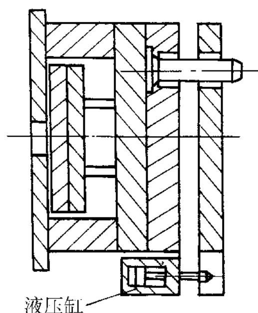


图 5-97　液（气）动二级脱模

2. 单推出板二级脱模机构

单推出板二级脱模机构的特点是只有一个推出板。下面介绍六种结构形式：

（1）弹簧式　采用弹簧实现一次脱模，然后用推出装置实现二次脱模，如图 5-98 所示。这种方法结构简单，装配后所占面积小，缺点是动作不可靠，弹簧容易失效，需要及时更换。

（2）拉杆式　如图 5-99 所示，分型一段距离后，拉杆 3 拉住推板 4，开始一次脱模；继续运动时，固定在动模固定板上的凸块 1 接触到拉杆 3 上的长销 2，使拉杆转动而脱离推板 4，完成一次脱膜；再继续运动，由推出系统实现二次脱模，弹簧 5 起复位作用。这种结构动作可靠，不需要其他附属装置，但由于在定模上装置了拉杆，使模具尺寸增大。

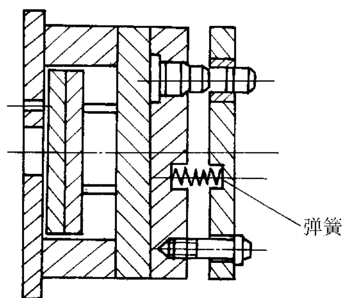


图 5-98　弹簧式

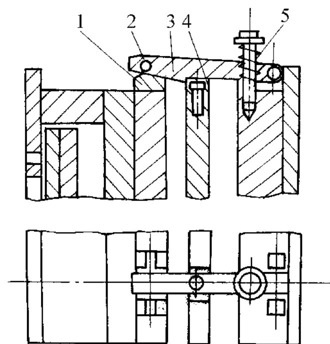


图 5-99　拉杆式

1—凸块　2—长销　3—拉杆
4—推板　5—弹簧

（3）摆块拉板式　图 5-100 所示是用活动摆块推动型腔实现一次脱模，由推出系统完成二次脱模的结构。图 5-100a 为闭模状态。活动摆动 5 固定在型腔下面的动模固定板上；开模时固定在定模上的拉板 7 带动活动摆块 5，由活动摆块 5 将型腔推起，完成一次脱模，如图 5-100b 所示；继续开模时，由于限位螺钉 2 的作用，阻止了型腔 1 继续向前运动，当推出系统碰到注塑机上顶出杆 4 时，通过推杆 3 将塑件从型腔中推出，拉簧 6 的作用是使活动摆块始终靠紧型腔，如图 5-100c 所示。

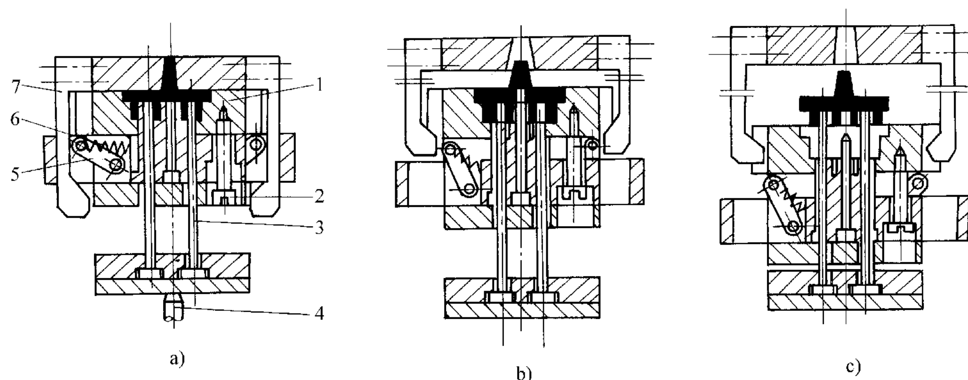


图 5-100　摆块拉板式

1—型腔　2—限位螺钉　3—推杆　4—注塑机顶出杆　5—活动摆块　6—弹簧　7—拉板

（4）U 形限制架式　图 5-101 所示是通过 U 形限制架和摆杆来完成二级脱模的。图 5-101a 所示为闭模状态。U 形限制架 4 固定在动模底板上，摆杆 3 的一端固定在推出固定板上，夹在 U 形限制架内，圆柱销 1 固定在型腔上。开模时注塑机顶杆 5 推动推出板，推出开始时由于限制架的限制，摆杆只能向前运动，推动圆柱销 1 使型腔和推杆 7 同时起推出塑件的作用，塑件脱离型芯 8，完成一次脱模。当推出到图 5-101b 所示位置时，摆杆脱离了限制架，限位螺钉 9 阻止型腔继续向前移动，同时圆柱销 1 将两个摆杆 3 分开，弹簧 2 拉住摆杆紧靠在圆柱销 1 上。当注塑机顶杆继续顶出时，推杆 7 推动塑件脱离型腔，如图 5-101c 所示。

（5）滑块式　图 5-102 所示是通过滑块实现二次脱模的一种结构形式。图 5-102a 所示为闭模状态。当注塑机顶杆推动推出板时，推板 3 和推出杆 2 一起运动，使塑件脱离型芯 1，与此同时，滑块 6 在斜导柱 5 的作用下，向中心方向移动，如图 5-102b 所示；再继续运动时，由于斜导柱的作用，使推杆 4 移动的距离大于推板 3 移动的距离，塑件脱离推板（见图 5-102c），完成二次脱模。

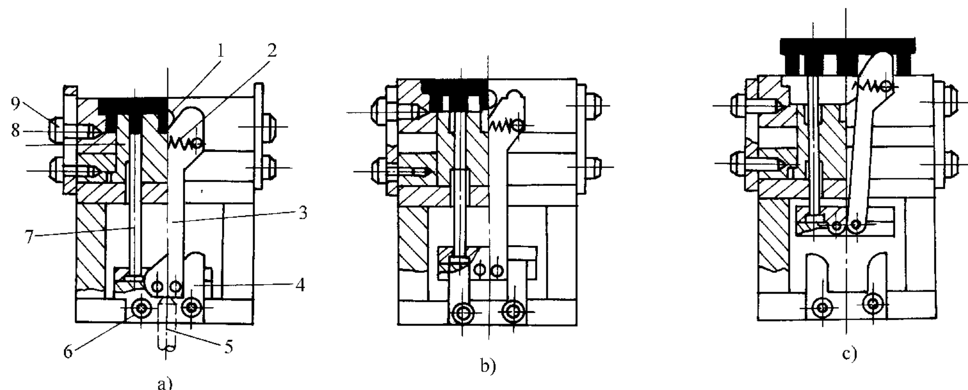


图 5-101　U 形限制架式

1—圆柱销　2—弹簧　3—摆杆　4—U 形限制架　5—注塑机顶杆
6—转动销　7—推杆　8—型芯　9—限位螺钉

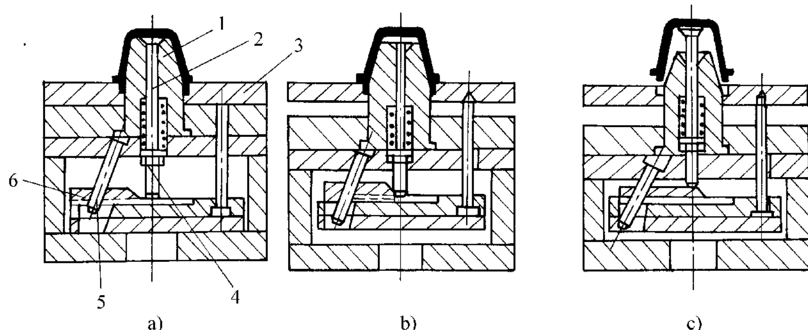


图 5-102　滑块式二次脱模机构

1—型芯　2—推出杆　3—推板　4—推杆　5—斜导柱　6—滑块

图 5-103 所示是通过滑块实现二次脱模的另一种结构形式。滑块 1 的移动是靠固定在动模板 5 上的锁紧块 2 实现的。一次脱模后，滑块 1 接触锁紧块 2 使之向中心移动，移动一定距离后，推杆 3 落于推杆固定板 7 的孔中；再继续推出，中心推杆 6 使塑件脱离推板 4，实现二次脱模。

（6）钢球式　如图 5-104 所示，一次脱模靠推出系统推动推板 9，使塑件脱离型芯 10，此时塑件还有一部分留于推板内，因此设特殊结构的推杆 7 实现二次脱模。内套筒 3 与推板 9 用卡紧圈连在一起，一次脱模时，钢球 6 卧在内套筒 3 与推杆 7 之间，推杆一运动，则带动内套筒及推板运动，实现一次脱模。当钢球移动外套筒 2 的凹槽处时，钢球被挤到内外套之间，使内套筒不随推杆 7 运动，则推板 9 停止运动，这时推杆 11 将塑件推出推板而脱落。

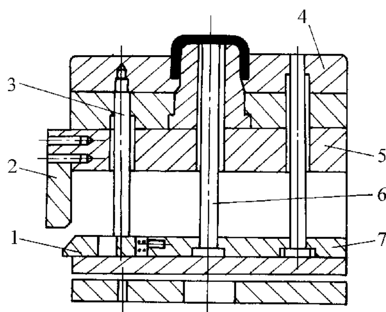


图 5-103 滑块式二次脱模机构

1—滑块 2—锁紧块 3—推杆 4—推板
5—动模板 6—中心推杆 7—推杆固定板

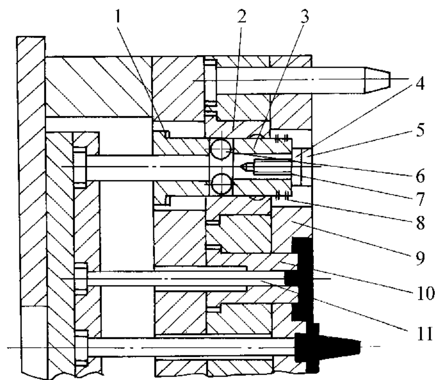


图 5-104 钢球式二次脱膜机构

1、4—聚氨酯垫圈 2—外套筒 3—内套筒
5—盖子 6—钢球 7—推杆 8—卡紧圈
9—推板 10—型芯 11—推杆

3. 双推出板二级脱模机构

采用双推出板的二级脱模机构的特点是有两块推出板。下面介绍三种结构形式：

（1）八字形摆杆式 图 5-105 所示为八字形摆杆式二级脱模机构。推动型腔 1 用的推杆 2 固定在一次推出板 7 上，推动塑件用的推杆 3 固定在二次推出板 8 上，在一次推出板和二次推出板之间有定距块 5，固定在一次推出板上。开模时注塑机顶杆 6 推动一次推出板，通过定距块 5 使二次推出板以同样速度推动塑件，这时型腔和塑件一起运动而脱离动模型芯，完成一次脱模。当推到图 5-105b 所示位置时，一次推出板接触到八字形摆杆 4，由于八字形摆杆与一次推出板接触点比与二次推出板接触点距支点的距离小，使二次推出板向前运动的距离大于一次推出板向前运动的距离，因而塑件从型腔中脱出。

（2）拉钩式 图 5-106 所示为拉钩式二级脱模机构。成型塑件一部分形状的推杆 7 固定在一次推出板 9 上，中心推杆 6 固定在二次推出板 10 上，在二次推出板上还固定有拉钩 1，一次推出板上固定有拉钩拉住的圆柱销 5，在闭模时由于拉簧 2 的作用，拉钩始终拉住圆柱销，如图 5-106a 所示状态。开模时，注塑机顶出杆 8 推在二次推出板上，由于拉钩的作用，一、二次推出板同时推动塑件，使塑件脱离型芯，完成一次脱模。继续运动时由于斜楔 3 的作用，伸长拉簧 2，使拉钩 1 脱离圆柱销 5，固定在一次推出板上的限距柱 4 也推住动模固定板，使一次推出板停止向前运动，如图 5-106b 所示状态。注塑机顶出杆继续向前运动时，推杆 6 推动塑件，使之脱离成型推杆 7，完成二次脱模，如图 5-106c 所示。

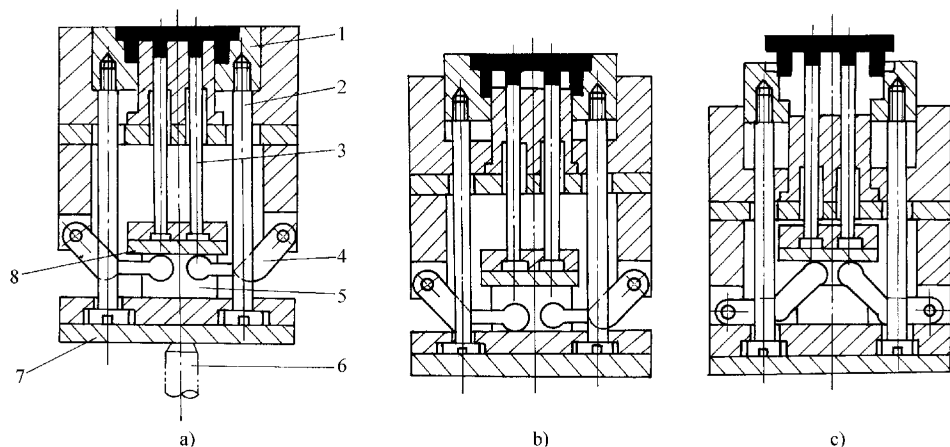


图 5-105　八字形摆杆式

1—型腔　2、3—推杆　4—八字形摆杆　5—定距块
6—注塑机顶杆　7—一次推出板　8—二次推出板

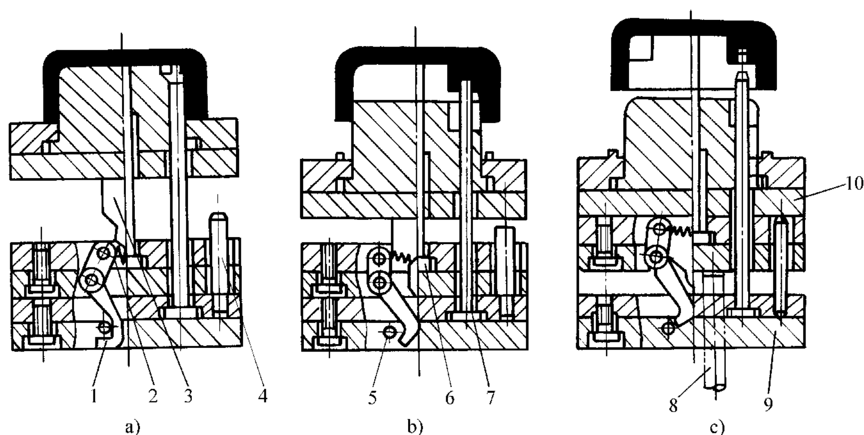


图 5-106　拉钩式

1—拉钩　2—弹簧　3—斜楔　4—限距柱　5—圆柱销　6—推杆
7—成型推杆　8—注塑机顶杆　9—一次推出板　10—二次推出板

（3）卡爪式　图 5-107 所示为卡爪式二级脱模机构。推动型腔推板 1 的推杆 2，固定在一次推出板 4 上，中心推杆 8 固定在二次推出板 3 上，卡爪 6 连接在一次推出板上，可以绕轴转动。开模时注塑机顶出杆推动二次推出板 3，由于弹簧 5 拉住卡爪 6 使一次推出板 4 随之运动，使塑件脱离型芯，完成一次脱模。再继续运动时，卡爪 6 接触动模固定板 7 的斜面，迫使卡爪转动而完成二次脱模。

5.6.7 浇注系统凝料的自动脱出

自动化生产要求模具的操作也能全部自动化。除塑件能实现自动化脱落外，浇注系统凝料也应该能自动脱落。下面介绍这方面的结构。

1. 潜伏式浇口凝料的自动脱落

采用潜伏式浇口的模具，其脱模装置必须分别设置塑件和流道凝料的推出零件，在推出过程中，浇口被剪断，塑件与浇注系统凝料各自自动脱落，如图 5-108 所示。推出过程中，推杆 1 和推杆 2 分别推动浇口和制件，借动模 3 将浇口切断与制件分离，浇注系统凝料和制件分别被推出。图 5-109 为推杆上开设附加浇口的潜伏式浇口，其动作过程见图。图 5-110 为差动式推杆推出潜伏式浇口的结构，顶出时，推杆 2 首先推动塑件并将浇口切断，随后当推杆固定板接触限位圈 4 时，推杆 3 推动浇注系统凝料自动脱落。

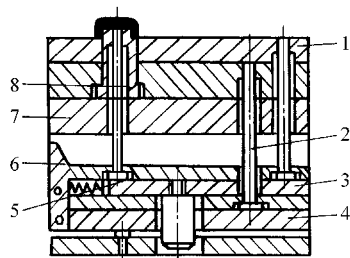


图 5-107 卡爪式
1—推板 2—推杆 3—二次推出板
4—一次推出板 5—弹簧 6—卡爪
7—动模固定板 8—中心推杆

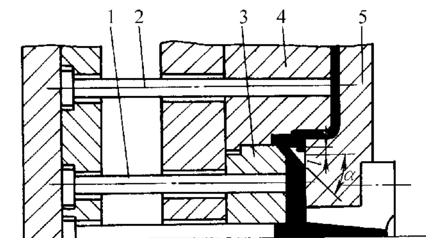


图 5-108 潜伏式浇口的自动脱落
1、2—推杆 3—动模 4—型芯 5—定模

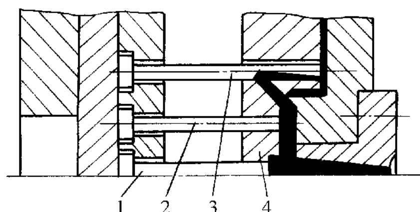


图 5-109 推杆上开设附加浇口的潜伏式浇口的脱落
1、2、3—推杆 4—动模

2. 点浇口凝料的自动脱落

采用点浇口的模具通常为三板式模具，两个分型面分别取出塑件和浇注系统凝料。为了适应自动化生产的要求，采用顺序分型机构使点浇口自动切断和坠落。通常可采用以下几种形式：

（1）推杆拉断点浇口 如图 5-111 所示，开模时模具首先沿 $A—A$ 面分开，流道凝料被带出定模座板 8，当限位螺钉 1 对推板 2 限位后，使流道凝料推杆 4、推杆 5 将浇注系统凝料推出。

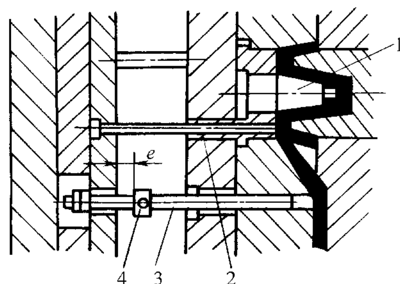


图 5-110 潜伏式浇口差动自动脱落

1—型芯 2、3—推杆 4—限位圈

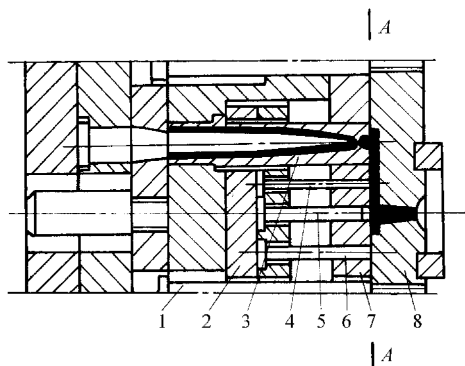


图 5-111 推杆拉断点浇口

1—限位螺钉 2—推板 3—镶件 4、5—推杆 6—复位杆 7—流道板 8—定模座板

（2）侧凹拉断点浇口 如图 5-112 所示，分流道尽头有一小斜孔，开模时确保模具先由 *A*—*A* 面分开，点浇口被拉断，流道凝料被中心拉料杆拉向定模一侧，当限位螺钉起作用后，动模与定模型腔板分开，中心拉料杆随之失去作用，流道凝料自动坠落。图 5-113 为另一种机构形式。分流道尽头做成斜面，开模时首先由 *A*—*A* 面分型，点浇口被拉断，同时拉料杆相对于动模移动距离 *L*；继续开模，型芯固定板 1 碰到拉料杆 2 的台阶，拉料杆 2 将主流道凝料脱出，随后型腔板 3 将流道凝料从拉料杆 2 上推出并自动坠落。

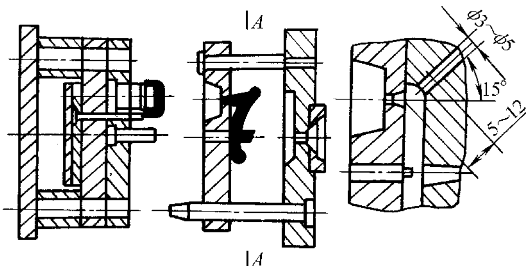


图 5-112 侧凹拉断点浇口 Ⅰ

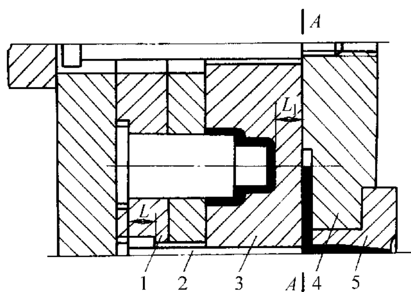


图 5-113 侧凹拉断点浇口Ⅱ

1—型芯固定板 2—拉料杆 3—定模型腔板 4—定模座板 5—浇口套

（3）拉料杆拉断点浇口 如图 5-114 所示，其定模座板内设有拉料杆 8，开模时模具由 *A*—*A* 面分型，浇口被拉断，凝料留于推料板 7 上；继续开模，定模

型腔板 5 碰到拉杆 4 的台阶，拉杆 4 带动推料板 7 将浇注系统凝料从拉料杆 8 和浇口套 10 中脱出并自动坠落；随后拉杆 2 起限位作用，模具沿 *C—C* 面分型取出塑件。图 5-115 为浮动拉钩式自动脱落流道凝料结构。开模时，模具首先由 *A—A* 面分型，拉料杆 3 将主流道拉出，浮动拉钩 4 随之移动；随后定模座板 5 碰到拉钩 4 的台阶时，拉钩 4 将浇口拉断，并拉出型腔板 2；当限位螺钉 1 起作用后，模具沿 *B—B* 面分开，定模型腔板 2 将浇注系统凝料从拉料杆 3 上刮落，流道凝料自动坠落。

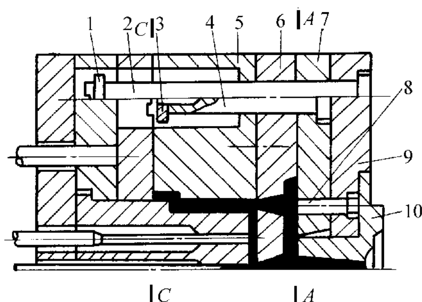


图 5-114　拉料杆拉断点浇口

1—垫圈　2、4—拉杆　3—垫圈
5—定模型腔板　6—浇口板　7—推料板
8—拉料杆　9—定模座板　10—浇口套

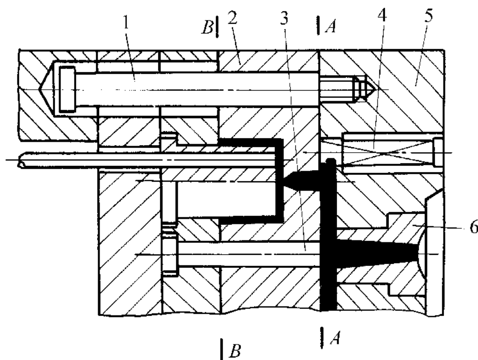


图 5-115　浮动拉钩式自动脱落流道凝料结构

1—限位螺钉　2—定模型腔板　3—拉料杆
4—浮动拉钩　5—定模座板　6—浇口套

（4）推料板拉断点浇口　如图 5-116 所示，开模时模具首先沿 *A—A* 面分开，主流道脱出浇口套；当限位螺钉 4 起限位作用时，模具沿 *B—B* 面分开，推料板 3 将浇口拉断，并将凝料从型腔板 1 中拉出自动坠落。图 5-117 为杠杆式推料板结构。开模时模具首先沿 *A—A* 面分型，拉出主流道凝料，继续开模当拉钩 9 和杠杆 7 接触时，迫使推料板 5 拉断浇口，并将流道凝料推离定模型腔板 1，使之自动坠落。

5.6.8　脱螺纹机构

带螺纹的塑件其形状有特殊的要求，其模具结构也与一般模具不同，塑件的脱落方式也有很多种，旋转部分的驱动方式亦不同。

1. 设计带螺纹塑件脱模机构应注意的问题

（1）对塑件的要求　螺纹型芯或型环要脱离塑件，必须相对塑件作旋转运动。如果螺纹型芯或型环在转动时塑件跟着一起转，则螺纹型芯或型环是脱不出塑件的。因此，塑件必须止转，即不随螺纹型芯或型环一起转动。为了达到这个

要求，塑件的外形或端面上需带有防止转动的花纹或图案，如图 5-118 所示。

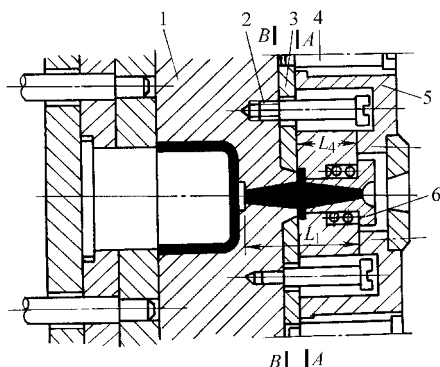


图 5-116　推料板拉断点浇口

1—定模型腔板　2、4—限位螺钉　3—推料板　5—定模座板　6—浇口套

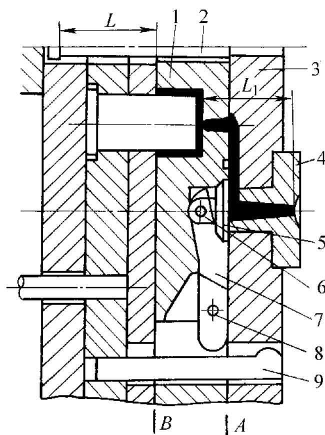


图 5-117　杠杆式推料板拉断点浇口结构

1—定模型腔板　2—限位螺钉　3—定模座板　4—浇口套　5—推料板　6、8—轴　7—杠杆　9—拉钩

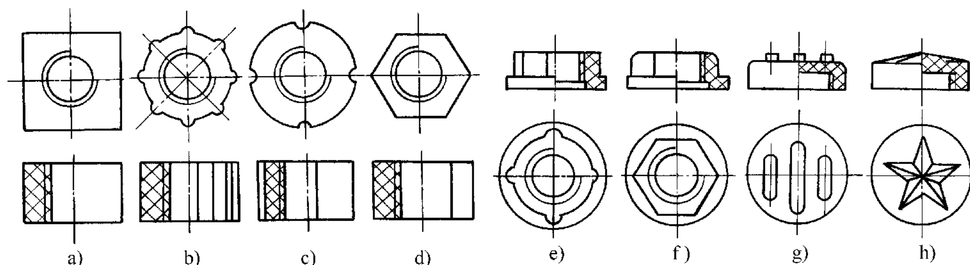


图 5-118　塑件止转设计

（2）对模具的要求　塑件要求止转，模具就要有相应防转的机构来保证。当塑件的型腔（凹模）与螺纹型芯同时设计在动模上时，型腔就可以保证不使塑件转动。但是当型腔不可能与螺纹型芯同时设计在动模上时，如型腔在定模，螺纹型芯在动模，动、定模一分型，塑件就脱离定模型腔，即使塑件外形有防转的花纹，这时也不起作用了，塑件留在螺纹型芯上和它一起转动，不能脱模。因此，在设计模具时要考虑止转机构。

2. 脱螺纹方式

带螺纹塑件的脱落方式可分为强制脱螺纹、活动螺纹型芯与螺纹型环形式、塑件或模具的螺纹部分回转的方式三种，下面分别介绍。

（1）强制脱螺纹。这种模具结构比较简单，用于精度要求不高的塑件。可以利用塑件的弹性脱螺纹，也可以采用硅橡胶螺纹型芯。

1）利用塑件的弹性脱螺纹。这种结构是利用塑件（如聚乙烯和聚丙烯塑料）本身的弹性，用推板将塑件从型芯上强制脱出。塑件的推出面应该注意，避免图 5-119 所示的圆弧形端面作为推出面，因为这种情况塑件脱模困难。

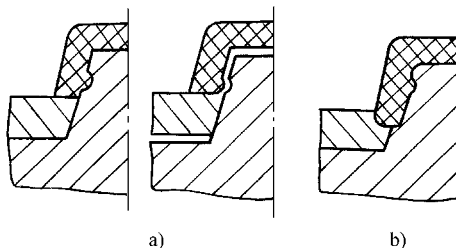


图 5-119 利用塑件的弹性强制脱螺纹
a）合理 b）不合理

2）利用硅橡胶螺纹型芯脱螺纹。这种结构是利用具有弹性的硅橡胶制造螺纹型芯，如图 5-120 所示。开模分型时，在弹簧 5 的压力作用下，首先退出橡胶型芯中的芯杆 6，使橡胶螺纹型芯 4 产生收缩，再在推杆 1 的作用下将塑件 2 推出。这种模具的结构简单，但是硅橡胶螺纹型芯的寿命低，只用于小批量生产。

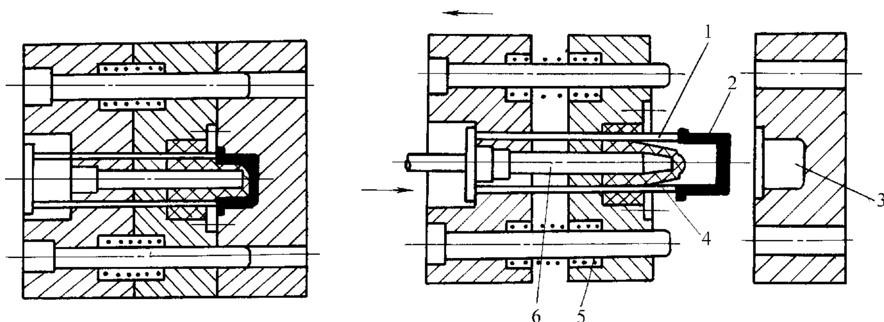


图 5-120 硅橡胶螺纹型芯
1—推杆 2—塑件 3—型腔 4—橡胶型芯 5—弹簧 6—芯杆

（2）活动螺纹型芯或型环形式 将螺纹型芯或型环与塑件一起脱模，在机床外与塑件分离，如图 5-121 所示。开模后，注塑机顶杆推动推板 1、楔块 2 向顶出方向移动，在楔块 2 及活动板 5 的作用下，将卡销 6 从螺纹型芯 9 的环形槽内抽出，随后推杆 4 将螺纹型芯 9 从动模中推出，最后在模外手工将螺纹型芯从塑件中脱出。

对于精度要求不高的外螺纹塑件，可采用两块拼合的螺纹型环成型，如图 5-122 所示。开模时，在斜导柱 2 的作用下，型环 3 左右分开，推件板推出塑件 1。

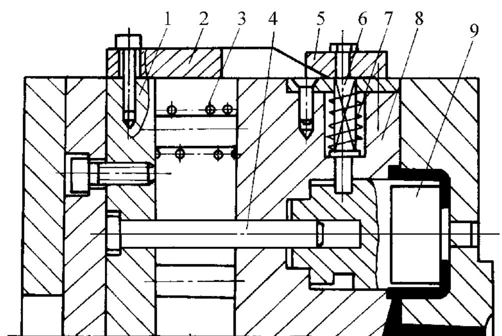


图 5-121　活动螺纹型芯带出塑件脱模

1—推板　2—楔块　3、7—弹簧　4—推杆　5—活动板
6—卡销　8—动模　9—螺纹型芯

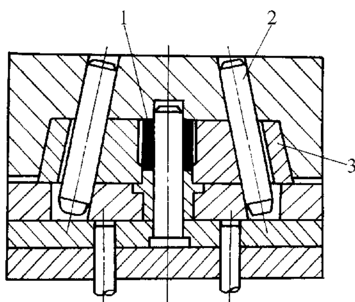


图 5-122　拼合的螺纹型环成型外螺纹的模具结构

1—塑件　2—斜导柱　3—螺纹型环

对于精度要求不高的内螺纹塑件，可设计成间断内螺纹，由拼合的螺纹型芯成型，如图 5-123 所示。开模后塑件留于动模，推出时推杆 8 带动推板 4，推板 4 带动螺纹型芯 10 和推料板 3 一起向上运动，同时螺纹型芯 10 向内收缩，使塑件脱模。

（3）旋转脱模

1）手动旋转脱模。如图 5-124 所示，开模后通过手轮转动轴 1，驱使螺纹型芯 7 旋转，塑件轴向退出，由于弹簧 4 的作用，活动型芯 6 与塑件同步运动并将塑件推离螺纹型芯 7。

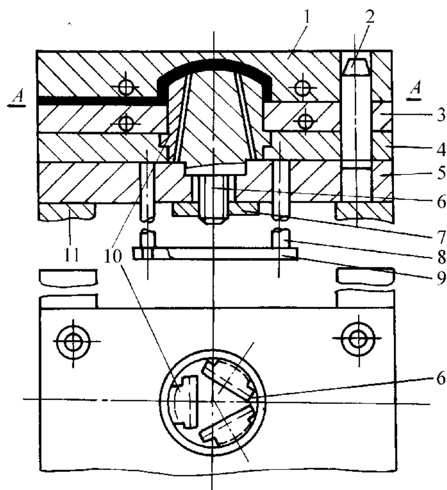


图 5-123　拼合螺纹型芯模具结构

1—定模板　2—导柱　3—推料板　4、9—推板
5—动模板　6—中心型芯　7—固定托板
8—推杆　10—滑动螺纹型芯　11—动模座板

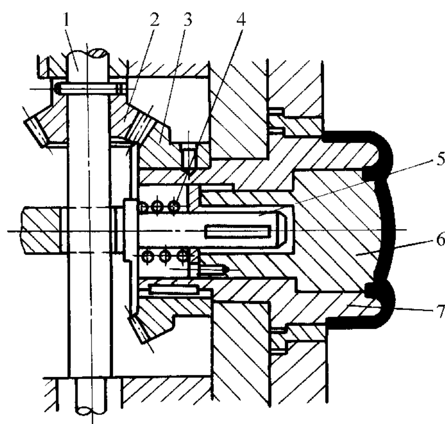


图 5-124　手动旋转脱螺纹

1—轴　2、3—齿轮　4—弹簧
5—花键轴　6—活动型芯　7—螺纹型芯

2）开模力脱螺纹。如图 5-125 所示，开模时，齿条 1 带动齿轮 2，通过轴 3 及齿轮 4、5、6、7 的传动，使螺纹型芯按旋出方向旋转，拉料杆 9 随之转动，从而使塑件与浇口同时脱出。

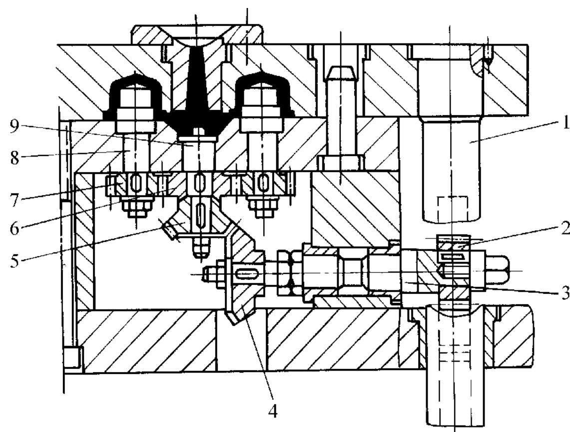


图 5-125 齿轮齿条脱螺纹机构

1—齿条 2、4、5、6、7—齿轮 3—轴 8—螺纹型芯 9—拉料杆

图 5-126 为螺旋杆、齿轮脱螺纹机构。开模时，在二次分型机构（图中未绘出）的控制下，首先脱掉浇口。当推板 7 与凹模 8 分型时，螺旋杆 1 与螺旋套 2 作相对直线运动，因螺旋杆 1 的一端由定位键固定，因此迫使螺旋套 2 转动，从而带动齿轮 3 及螺纹型芯 4 转动，同时弹簧 5 推动推管 6 及推板 7，使其始终推牢制件，防止制件随螺纹型芯转动，从而顺利脱模。

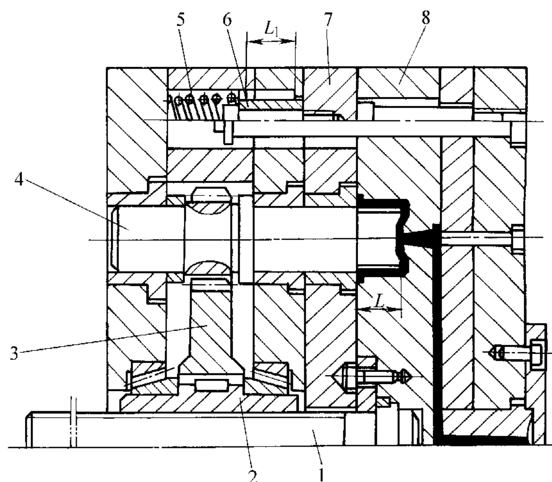


图 5-126 螺旋杆、齿轮脱螺纹机构

1—螺旋杆 2—螺旋套 3—齿轮 4—螺纹型芯 5—弹簧 6—推管 7—推板 8—凹模

图 5-127 所示为斜导柱、螺旋杆脱螺纹机构。开模时，斜导柱 1 抽动螺旋杆 2，由于滚珠 3 的作用使齿轮 5 转动，通过齿轮 4 使带有齿轮的螺纹型芯 6 按旋出方向旋转，而从制件中脱出。螺旋杆 2 带有大导程螺旋槽，其螺旋方向由成型螺纹的螺旋方向及传动级数而定。

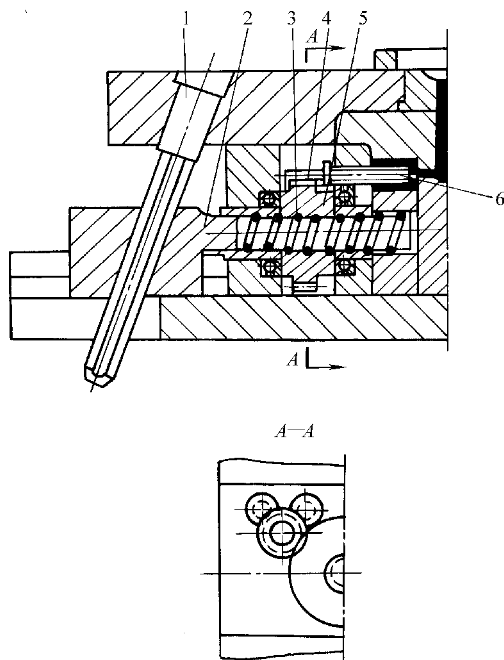


图 5-127　斜导柱、螺旋杆脱螺纹机构
1—斜导柱　2—螺旋杆
3—滚珠　4、5—齿轮　6—螺纹型芯

3）推出力脱螺纹。如图 5-128 所示，开模后由推出力推动螺旋杆 2 转动，由于滚珠 4 及止动键 5 的作用迫使内齿轮 3 旋转，从而带动螺纹型环 7 转动，塑件靠其内肋止转并轴向退出。

4）其他动力驱动脱螺纹。用液压缸和气缸的平动带动齿条是自动脱螺纹常用方法之一，驱动的方法和普通侧抽芯也是类似的，但是最后目的是要得到转动运动。电动机以及液压马达有时也用于自动脱螺纹机构。图 5-129 所示为液压驱动的自动脱螺纹机构。

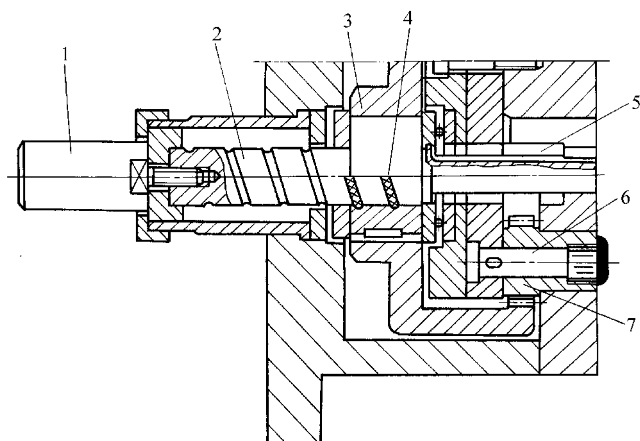


图 5-128 推出力脱螺纹机构

1—推杆 2—螺旋杆 3—内齿轮 4—滚珠
5—止动键 6—型芯 7—螺纹型环

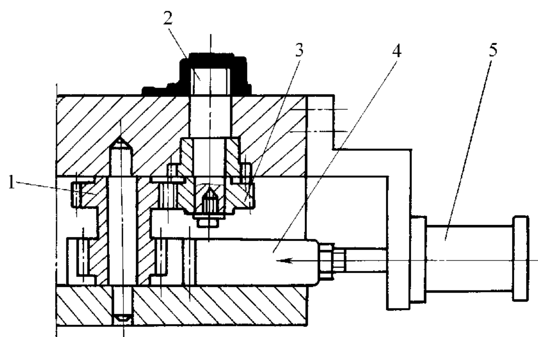


图 5-129 液压驱动自动脱螺纹机构

1、3—齿轮 2—螺纹型芯 4—齿条 5—液压缸

5.7 侧向抽芯机构

5.7.1 简介

当塑件上具有与开模方向不同的内外侧孔或侧凹时，塑件不能直接脱模，必须将成型侧孔或侧凹的零件做成可动的，称为活动型芯。在塑件脱模前先将活动型芯抽出，然后再从模中推出塑件。完成活动型芯抽出和复位的机构称为

抽芯机构。

1. 分型与抽芯方式

抽芯方式按其动力来源可分为手动、机动、气动或液压分型抽芯。

（1）手动侧向分型抽芯　模具开模后，活动型芯与塑件一起取出，在模外使塑件与型芯分离，或在开模前依靠人工直接抽拔，或通过传动装置抽出型芯。手动抽芯的模具结构比较简单，但是生产效率低，劳动强度大，且抽拔力受到人力限制，因此只有在小批量生产和试制生产时才采用。

（2）机动侧向分型抽芯　开模时依靠注塑机的开模动力，通过传动零件，将活动型芯抽出。机动抽芯模具结构比较复杂，但型芯抽出无需手工操作，减轻了工人的劳动强度，生产率高，在生产实践中广泛采用。

（3）液压或气压传动侧向抽芯　活动型芯靠液压系统或气压系统抽出，有的注塑机本身就带有抽芯液压缸，比较方便，但是一般的注塑机没有这种装置，可以根据需要另行设计。由于注塑机本身就是使用高压液体作为动力的，因此采用液动比气动要方便些。这种方法不仅传动平稳，而且可以得到较大的抽拔力和较长的抽芯距。

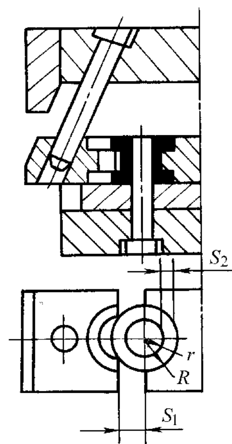


图 5-130　模具抽拔距

2. 抽拔距确定

抽拔力的计算同于脱模力的计算。

将型芯从成型位置抽至不妨碍塑件脱模的位置，型芯（或滑块）所移动的距离称为抽拔距。

一般抽拔距等于侧孔深加 2 ~ 3mm。当结构比较特殊时，如成型圆形线圈骨架（见图 5-130），设计的抽拔距不能等于线圈骨架凹模深度 S_2，因为滑块抽至 S_2 时，塑件的外径仍不能脱出滑块的内径，必须抽出 S_1 的距离再加 2 ~ 3mm，塑件才能脱出。

$$S = S_1 + (2 \sim 3)\,\mathrm{mm} = \sqrt{R^2 - r^2} + (2 \sim 3)\,\mathrm{mm} \tag{5-24}$$

式中　S——抽拔距（mm）；

S_1——抽拔的极限尺寸（mm）；

R——塑件外径（mm）；

r——滑块内径（mm）。

5.7.2　机动式分型抽芯机构

机动式分型抽芯机构分为弹簧、斜导柱、弯销、斜导槽、楔块、斜滑块、斜槽、齿轮齿条等八种。

1. 弹簧（或硬橡皮）分型抽芯机构

当塑件的侧凹比较浅，所需抽拔力和抽芯距不大的时候，可以采用弹簧或硬橡皮实现抽芯动作。图5-131所示为橡皮抽芯机构。闭模时，锁紧块迫使侧芯至成型位置；开模后，锁紧块脱离侧芯，侧芯即在硬橡皮或弹簧的作用下抽出塑件。

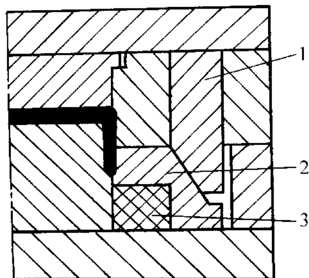


图5-131 橡皮抽芯机构
1—锁紧块 2—侧芯 3—硬橡皮

图5-132所示为弹簧抽芯机构，由滑块1、型芯2、弹簧等零件所组成。开模后塑件留在动模，当推杆5推动推板4时，滑块跟着移动；当滑块移动到型芯减小处时，两滑块在弹簧的作用下向内移动抽出塑件，继续开模即可取下塑件。

图5-133是弹簧抽芯机构的另一种形式。开模时，滚轮2脱离侧芯4，侧芯在弹簧3的作用下抽出。要注意在抽侧型芯时，中心型芯5不能随动模移动，否则塑件留于定模型腔，难以脱模。因此，设置了顶销6，使型芯5与动模板1开始有一段相对移动，待侧型芯抽出后，塑件包紧在型芯5上，再和动模一起移动。

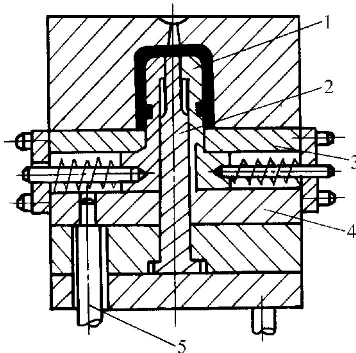


图5-132 弹簧抽芯机构Ⅰ
1—滑块 2—型芯 3—动模板
4—推板 5—推杆

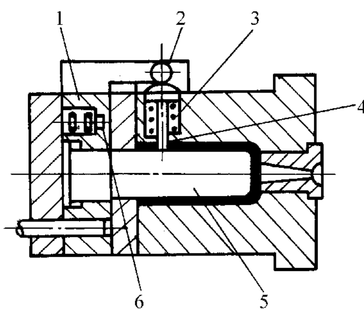


图5-133 弹簧抽芯机构Ⅱ
1—动模板 2—滚轮 3—弹簧
4—侧芯 5—型芯 6—顶销

2. 斜导柱分型抽芯机构

（1）斜导柱分型抽芯机构的结构 如图5-134所示，斜导柱分型抽芯机构主要是由与模具开模方向成一定角度的斜导柱3与滑块8组成，侧型芯5用销4固定在滑块上。开模时，开模力通过斜导柱作用于滑块，迫使滑块8在动模板7的导滑槽内向左移动，完成抽芯动作。塑件被推出系统推出型腔，如图5-134b所示，限位挡块9、螺钉11、弹簧10是使滑块保持抽芯后最终位置的定位装置，保证闭模时斜导柱能很准确地进入滑块的斜孔（弹簧10为压缩弹簧），再向左

移动恢复原位。锁紧块 1 是防止在注塑成型时，由于侧型芯受力而使滑块产生位移。图 5-134 所示塑件靠推管推出型腔。

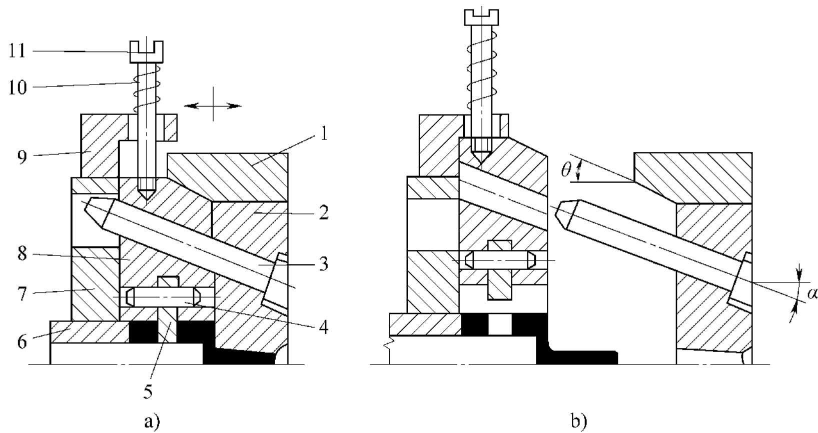


图 5-134　斜导柱分型抽芯机构

1—锁紧块　2—定模板　3—斜导柱　4—销　5—型芯　6—推管　7—动模板　8—滑块　9—限位挡块　10—弹簧　11—螺钉

下面分别介绍斜导柱分型抽芯机构中的主要部分，即斜导柱、滑块、导滑槽、滑块的定位装置和锁紧块的形式。

1）斜导柱。斜导柱的形状如图 5-135 所示。斜导柱的材料多用 45 钢、T8、T10，以及 20 钢渗碳处理等，淬火后硬度在 55HRC 以上，最后磨削加工保证表面粗糙度值 Ra 为 0.8μm，各部分尺寸见表 5-11。

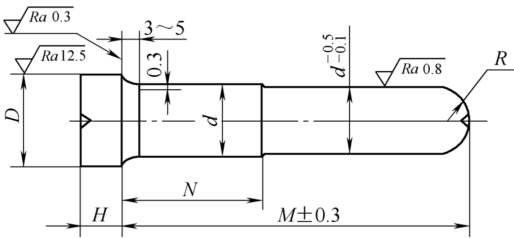


图 5-135　斜导柱形状

表 5-11　斜导柱尺寸　（单位：mm）

斜导柱直径 d	D	H	N	M
12	17	10	由结构决定	由结构决定
15	20	12		
20	25	15		
25	30	15		
30	35	20		
35	40	20		
40	45	25		

斜导柱的安装固定形式见图 5-136。斜导柱的倾斜角 α 一般在 25°以下，锁紧块的角度 $\alpha' = \alpha + (2° \sim 3°)$。斜导柱与固定板之间用三级精度第三种过渡配合为宜。由于斜导柱只起驱动滑块的作用，滑块运动的平稳性由导滑槽与滑块间的配合精度保证，滑块的最终位置由锁紧块保证，因此为了运动灵活，斜导柱和滑块间采用比较松的配合，斜导柱的尺寸为 $d^{-0.5}_{-1.0}$。斜导柱的头部可以做成如图所示的圆弧形，也可以做成圆锥形，必须注意圆锥部的斜角一定要大于斜导柱的倾斜角，以免斜导柱的有效长度离开滑块时，其头部仍然继续驱动滑块。

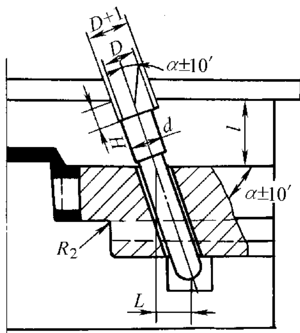


图 5-136　斜导柱的安装固定

2）滑块。滑块分为整体式和组合式两种。组合式是把型芯安装在滑块上，这样可以节省优质钢材，且加工容易，因此应用广泛。型芯与滑块的连接形式如图 5-137 所示。一般型芯都比较小，所以在设计滑块与型芯的连接时，往往采用将型芯嵌入滑块部分的尺寸加大，见图 5-137a；在考虑强度问题时，还可以采用图 5-137b 的形式，用骑缝销钉固定；图 5-137c 所示为燕尾槽式连接，用于型芯比较大的情况；当型芯比较小时，也可以用螺钉固定，如图 5-137d 所示；型芯为薄片形状时，可用通槽固定，如图 5-137e 所示；如有多个型芯时，可加压板固定，如图 5-137f 所示。

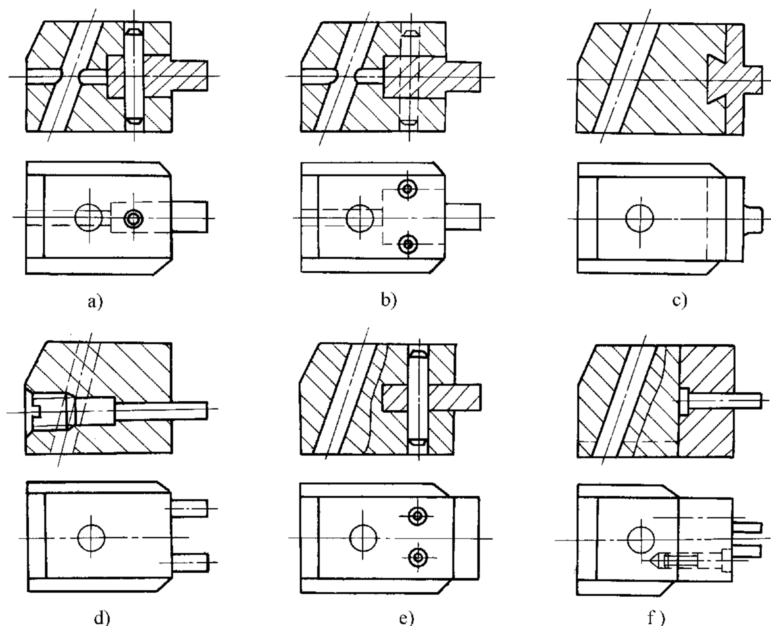


图 5-137　型芯与滑块的连接形式

型芯为成型零件，材料用铬钨锰钢、T8、T10 或 45 钢，淬火硬度为 50HRC 以上。滑块用 T8、T10、45 钢即可，淬火硬度为 40HRC 以上。

3）导滑槽。根据模具上型芯的大小，以及各厂的使用情况，滑块与导滑槽的配合形式各不相同，如图 5-138a、b、c、d、e、f、g、h、i 所示。总的要求是在抽芯过程中，保证滑块运动平稳，无上下窜动和卡紧现象。

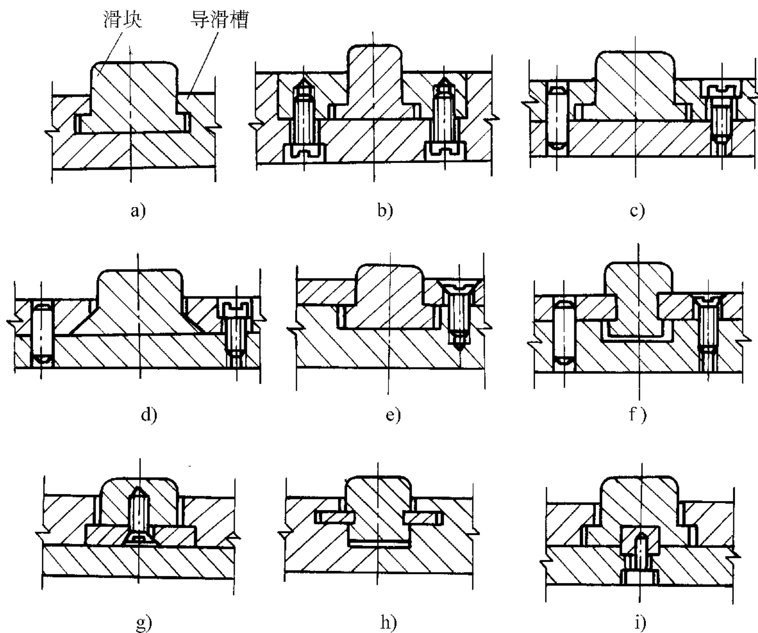


图 5-138　滑块与导滑槽的配合形式

滑块的导滑长度有一定的要求。由于滑块在完成抽拔动作后，需停留在导滑槽内，因此留在导滑槽中的长度 L 不应小于滑块长度 L_1 的 2/3，如图 5-139 所示。如果太短，滑块在开始复位时容易倾斜，甚至损坏模具。为了不增大模具的体积，而又增加导滑槽长度，可采用局部加长的办法解决，如图 5-140 所示。

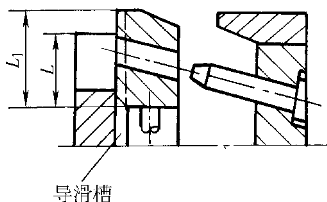


图 5-139　滑块的导滑长度

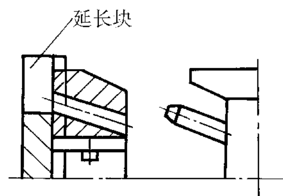


图 5-140　延长块结构

4）滑块定位装置。开模后滑块必须停留在一定的位置上，不可任意滑动。因此，必须设计定位装置，否则，闭模时斜导柱将不能准确地进入滑块，致使模具损坏。在设计滑块定位装置时，应根据模具结构，选用不同的形式。图 5-141a、b 是利用挡块定位的两种形式。向下抽芯时，可采用图 5-141a 的形式，它是利用滑块的自重停靠在挡块上，结构比较简单。向上抽芯时可采用图 5-141b 的形式，它是依靠弹簧的弹力使滑块停靠在挡块上而定位，弹簧的弹力应是滑块自重的 1.5 ~2 倍。图 5-141c、d 都是采用弹簧销的定位装置，形式基本相同，仅因挡板的厚度不同而用不同的方式安装弹簧。图 5-141e 是以钢球代替活动销。

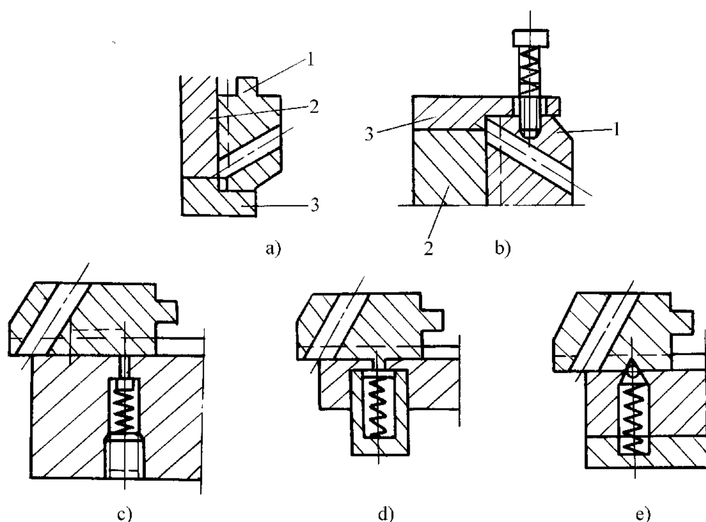


图 5-141 滑块定位装置
1—滑块 2—导滑槽 3—挡块

5）锁紧块形式。在塑料的注射过程中，型芯受到塑料很大的推力作用。这个力通过滑块传给斜导柱，而一般斜导柱为一细长杆件，受力后容易变形。因此，必须设置锁紧块，以便在模具闭模后锁住滑块，承受塑料给予型芯的推力。锁紧块与模件的连接可根据推力的大小，选用各种不同的加固方式。

图 5-142a 是将锁紧块与定模固定板做成一体的整体式结构，牢固可靠，但是金属材料耗费大，多用于侧向力较大的场合。图 5-142b 是用螺钉和销钉固定的，这种形式制造简单，适用较为普遍。图 5-142c 是利用 T 形槽固定锁紧块的形式，销钉定位，这种结构可承受较大的侧压力。图 5-142d 是采用锁紧块整体

嵌入模板的一种连接形式。图 5-142e、f、g 都是对锁紧块起加强作用的形式，用于侧压力很大的场合。

a)　b)　c)

d)　e)　f)　g)

图 5-142　锁紧块形式

要求锁紧块的楔角 α' 大于斜导柱倾斜角 α。这样当模具一开模锁紧块就让开，否则斜导柱将无法带动滑块作抽拔动作，见图 5-143。一般取 $\alpha' = \alpha + (2 \sim 3)°$。

（2）斜导柱长度和最小开模行程计算　斜导柱的长度由抽拔距、斜导柱的直径及其倾斜角的大小确定。抽芯方向与开模方向垂直时，其长度计算如下（见图 5-144）：

图 5-143　锁紧块楔角 α' 的形状

图 5-144　斜导柱长度与开模行程

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5$$
$$= \frac{D}{2}\tan\alpha + \frac{h}{\cos\alpha} + \frac{d}{2}\tan\alpha + \frac{S}{\sin\alpha} + (10 \sim 15)\text{mm} \tag{5-25}$$

式中 L——斜导柱总长度（mm）；

D——斜导柱固定部分大端直径（mm）；

h——斜导柱固定板厚度（mm）；

d——斜导柱直径（mm）；

α——斜导柱的斜角（°）。

其中，$L_4 = S/\sin\alpha$ 称为斜导柱有效长度；$L_3 + L_4$ 称为斜导柱伸出长度；L_5 称为斜导柱头部长度，常取 10～15mm，也可取截锥长度为 $d/3$，半球形头取 $d/2$。

完成抽拔距 S 所需的最小开模行程 H 由下式计算：

$$H = S\cot\alpha \tag{5-26}$$

（3）斜导柱分型抽芯机构的结构形式 下面分别介绍斜导柱在定模、滑块在动模，斜导柱在动模、滑块在定模，斜导柱和滑块同在定模以及斜导柱和滑块同在动模的四种结构形式。

1）斜导柱在定模、滑块在动模的结构。斜导柱在定模、滑块在动模的结构是应用非常广的形式，图 5-130 和图 5-134 所示结构均属这种形式。随着开模运动的进行，侧芯被抽出，留于动模的塑件，在推出系统的作用下脱离型腔。图 5-145 所示也是斜导柱在定模、滑块在动模的一种形式。滑块在斜导柱的作用下，在推出板上导滑而脱离塑件。当塑件内部有凹槽时，也可以用斜导柱抽出型芯，如图 5-146 所示。

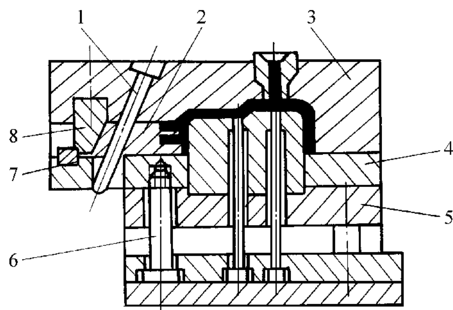


图 5-145 斜导柱在定模、滑块在动模的结构
1—斜导柱 2—滑块 3—定模座板
4—推出板 5—动模板 6—推杆
7—小锁紧楔 8—锁紧块

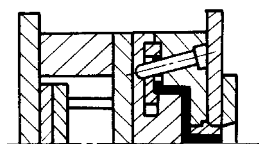


图 5-146 斜导柱抽内芯

斜导柱在定模、滑块在动模的结构，设计时必须注意的是在复位时滑块与推出系统不要发生干涉现象。如图 5-147 所示，在滑块 1 的复位先于推杆 2 的复位

时，致使活动型芯碰撞推出杆而损坏，所以设计时就应慎重考虑。在模具结构允许的情况下，应尽量避免推出杆与活动型芯的水平投影相重合，或使推出杆的推出距离小于滑动型芯的最低面。当推出系统采用复位杆复位时，推杆可先于活动型芯复位，条件是：推杆端面至活动型芯最近距离 h' 和 $\tan\alpha$ 的乘积，大于活动型芯与推杆或推管间在水平方向的重合距离 S'，即 $h'\tan\alpha > S'$。图 5-148a、b、c 所示（一般大 0.5mm 以上）的情况就不会产生干涉而相互碰撞。如果模具结构不允许时，推出杆的复位应采用先复位机构。下面介绍几种形式：

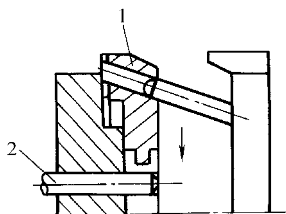


图 5-147 干涉现象
1—滑块 2—推杆

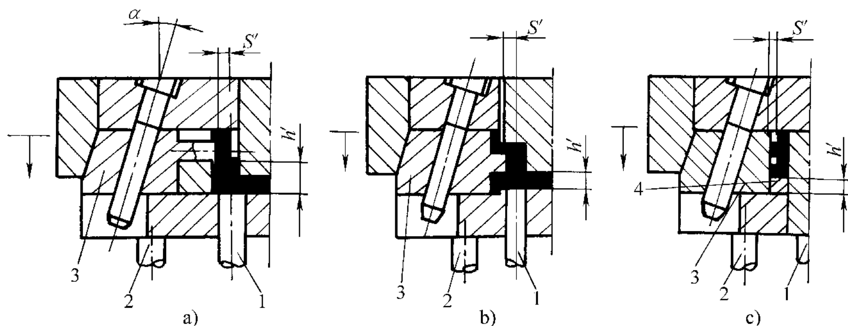


图 5-148 h' 和 S' 的关系图
1—推杆 2—复位杆 3—滑块 4—推管

①楔形滑块复位机构。如图 5-149 所示，楔形杆 4 固定在定模上，楔形滑块 3 在推出板 2 的导滑槽内可以滑动。合模过程中，楔形杆 4 的斜面将楔形滑块 3 朝箭头方向移动，同时楔形滑块 3 又迫使推出板 2 后退，完成推杆 1 的复位。这种形式由于楔形滑块 3 不宜过大，所以推杆 1 退回的距离也较小。

②摆杆复位机构。如图 5-150 所示，摆杆复位机构与楔形滑块复位机构相似，所不同的是由摆杆 3 代替了楔形滑块的作用。合模时楔形杆 5 推动摆杆 3，使其朝箭头方向转动，推动推出板 2 使推杆 1 复位。

③弹簧复位机构。在推出板与动模板之间装上弹簧，推出板靠弹簧的弹力而复位（见图 5-98）。利用弹簧复位在生产中应用

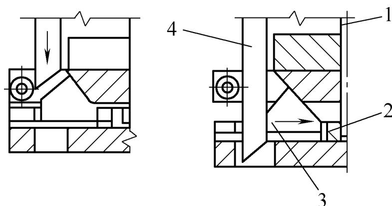


图 5-149 楔形滑块复位机构
1—推杆 2—推出板 3—滑块 4—楔形杆

较多，这是因为它结构简单，装配和更换都很方便。其缺点是弹簧力量小，可靠性差。

2）斜导柱在动模、滑块在定模的结构。图 5-151 是斜导柱在动模、滑块在定模的结构，此模具的特点是没有推出机构。由于斜导柱和滑块上导柱孔的配合间隙较大（$C=1.6\sim3.6$mm），使得滑块在分开前，模具首先分开一个距离 D（$D=C/\sin\alpha$），使型芯从塑件中抽出 D 距离而与塑件松动，然后靠导柱孔的外侧将滑块移动而退出塑件，最后用手将塑件取出。这种形式的模具结构简单，加工容易，但是塑件必须用人工取出，仅适用于小批量的简单模具。

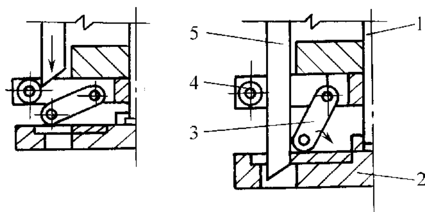


图 5-150 摆杆复位机构
1—推杆 2—推出板 3—摆杆
4—滚轮 5—楔形杆

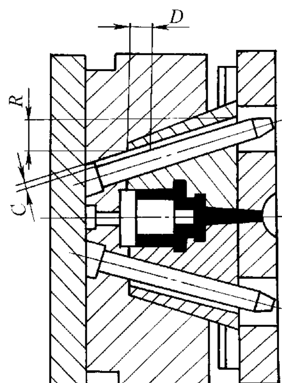


图 5-151 斜导柱在动模的结构 Ⅰ

图 5-152 所示结构的特点是型芯 7 与固定板 5 有一定距离的相对运动。为了使塑件不留于定模，开模时，首先从 A 面分型，型芯 7 不动，固定板 5 移动，这时滑块 10 在斜导柱 8 的作用下退出塑件；继续开模时，动模板与型芯台肩相碰，模具从 B 面分型，型芯 7 带着塑件脱离定模型腔，最后推板 4 将塑件推出。

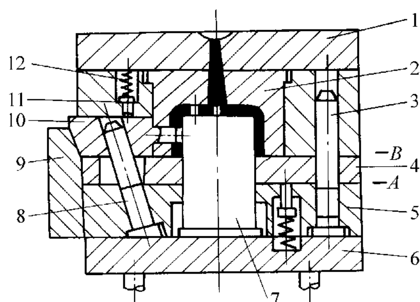


图 5-152 斜导柱在动模的结构Ⅱ
1—定模板 2—型腔 3—导柱 4—推板 5—固定板 6—底板 7—型芯 8—斜导柱 9—锁紧块 10—滑块 11—定位钉 12—弹簧

3）斜导柱和滑块同在定模的结构。如图 5-153 所示，开模时由于摆钩 6 的连接作用，使模具首先沿 A 面分型，同时斜导柱驱动滑块 2 完成外侧抽芯；继续开模，摆钩 6 碰

到压块 5，使摆钩 6 失去连接作用，同时定位螺钉 3 限位，模具沿 B 面打开，塑件被带到动模，最后由推板 1 将塑件推出模外。

4）斜导柱和滑块同在动模的结构。斜导柱和滑块都在动模一边时，可通过推出装置或顺序分型机构实现斜导柱与滑块的相对运动。图 5-154 是通过推出系统使型芯退出的结构。滑块 1 装在推板 2 的导滑槽内，闭模时滑块靠装在定模上的锁紧块锁紧；开模时，动定模分开，这时滑块和斜导柱并无相对运动，因此滑块不动。当推出系统开始动作时，在推杆 3 的作用下推动推板 2，使塑件脱离型芯的同时，滑块在斜导柱的作用下而离开塑件。这种结构由于滑块始终不脱离斜导柱，所以不需设滑块定位装置，结构比较简单。

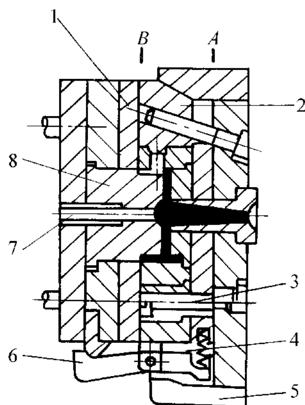


图 5-153　斜导柱和滑块同在定模的结构
1—推板　2—滑块　3—定位螺钉　4—弹簧
5—压块　6—摆钩　7—推杆　8—型芯

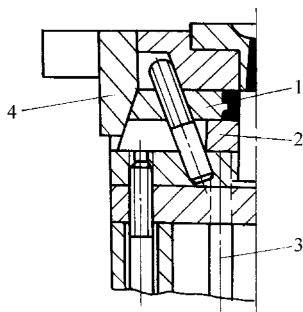


图 5-154　斜导柱和滑块同在动模的结构
1—滑块　2—推板　3—推杆　4—锁紧块

3. 弯销分型抽芯机构

图 5-155a、b 所示为弯销抽芯机构，其原理和斜导柱抽芯机构一样，所不同的是在结构上以矩形断面的弯销 2 代替了斜导柱。这种结构的优点是斜角 α 可以大一些，即在同一个开模距离中，能得到比采用斜导柱大的抽拔距。一般弯销装在模外的为多。它一头固定在定模上，另一头由支承块 1 支承，因此能承受较大的抽拔阻力。由于弯销多装于模外，可以减小模板面积，从而减轻了模具重量。在设计弯销抽芯机构时，必须注意弯销与滑块孔之间的间隙要大些，一般在 0.5mm 左右，否则闭模时可能发生卡死现象。另外，支承块与弯销的强度也必须根据抽拔力的大小而定。

弯销也有设在模内的，如图 5-156 所示。其特点是开模时，塑件首先脱离定模型芯，然后在弯销的作用下使滑块移动。

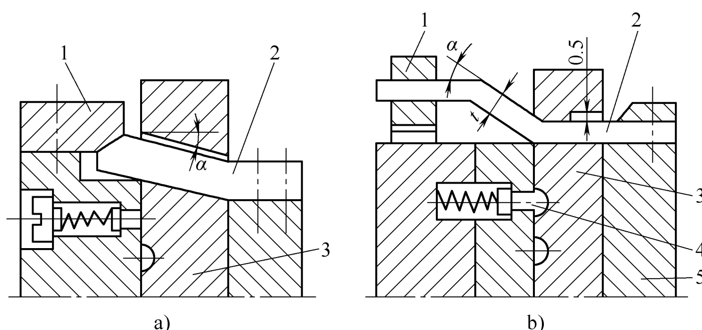


图 5-155 弯销分型与抽芯机构

1—支承块 2—弯销 3—滑块 4—定位销 5—支承板

弯销还可以用于滑块的内侧抽芯，如图 5-157 所示。塑件内侧壁有凹槽，开模时 *A* 面先分型，弯销带动滑块 4 向中心移动，完成抽芯动作，弹簧 3 使滑块 4 保持终止位置。

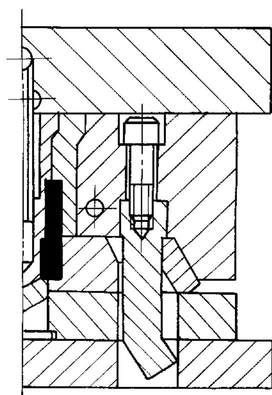


图 5-156 弯销在模内的结构

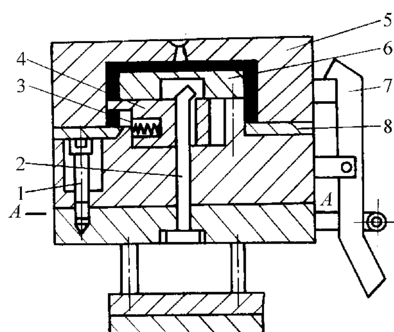


图 5-157 弯销内侧抽芯

1—定位螺钉 2—弯销 3—弹簧 4—滑块 5—型腔 6—型芯 7—摆钩 8—推板

图 5-158 所示也是利用弯销抽内侧型芯的结构。滑块 4 滑动配合于型芯 2 的斜孔内，为了保证抽芯动作先进行，采用了顺序分型机构。开模时，借助于拉钩 7 的拉紧作用，使分型面 *A* 先分开，同时斜导柱 3 即带动滑块按型芯内的斜孔方向移动而脱离塑件。当滑块抽出后，压块 10 即将滑块 9 压向模内而脱离拉钩。继续开模时，在定位螺钉的限制下，使分型面 *B* 分开，然后由推板 6 推出塑件。

弯销外侧抽芯见图 5-159。开模时，分型面 A 在弹簧 2 的作用下分开，这时活动型芯 9 在弯销 1 的带动下进行抽拔。当活动型芯全部抽出塑件时，定位螺钉 5 即带动动模型板使分型面 B 分开，此时塑件和凹模 8 脱离，塑件留在凸模 3 上。当模具继续分开时，推板 7 推出塑件。

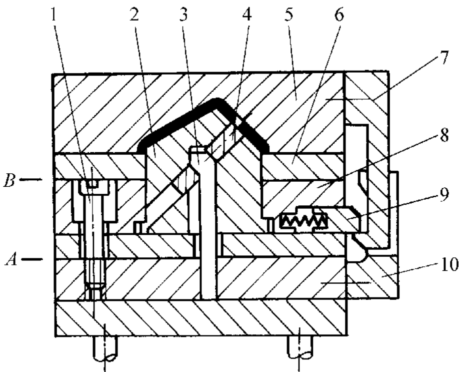


图 5-158　弯销内侧抽芯

1—定位螺钉　2—型芯　3—斜导柱　4—滑块　5—定模型腔　6—推板　7—拉钩　8—动模板　9—滑块　10—压块

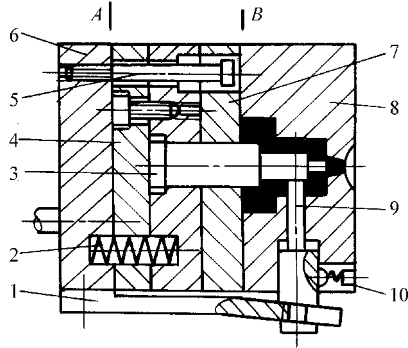
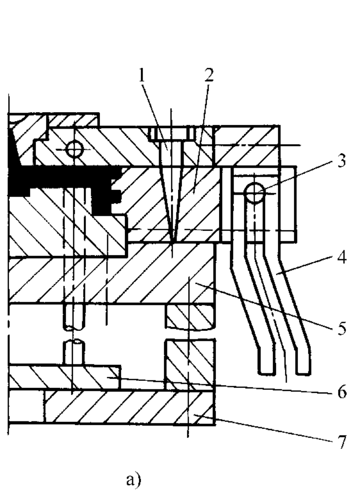


图 5-159　弯销外侧抽芯

1—弯销　2—弹簧　3—凸模　4—垫板　5—定位螺钉　6—动模板　7—推板　8—凹模　9—活动型芯　10—定位钉



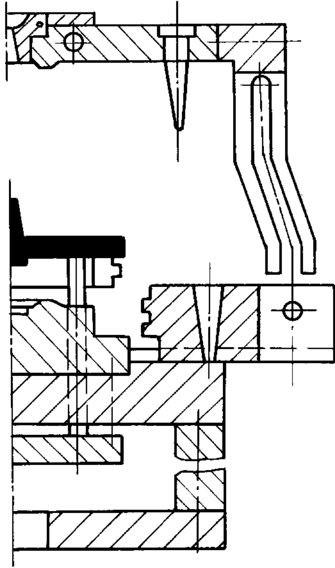


图 5-160　斜导槽分型与抽芯机构

a）合模状态　b）开模状态

1—止动销　2—滑块　3—销　4—弯销　5—凸模垫板　6—推板　7—动模板

4. 斜导槽分型抽芯机构

当侧芯的抽拔距比较大时，在侧芯的外侧用斜导槽和滑块连接代替斜导柱，如图 5-160 所示。槽的倾斜角同样在 25° 以下较好。如果必须超过这个角度，可以把倾斜槽分成二段，如图 5-161 所示。第一段 α_1 角比锁紧块 α' 角小 2°，在 25° 以下；第二段做成所要求的角度，但是 α_2 最大在 40° 以下，E 为抽拔距。

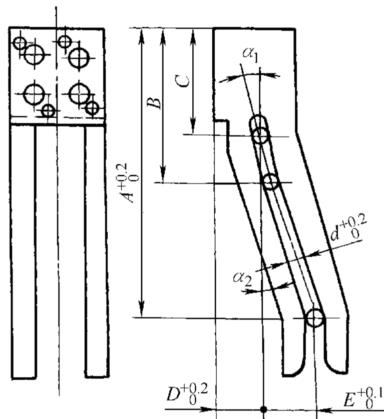


图 5-161 斜导槽的形状

图 5-162 是使用斜导槽时滑块动作和锁紧的方式。图 5-162a 为整体式锁紧，锁紧力大，加工较困难。图 5-162b 是用锥形销锁紧，开模时首先开 l_1 距离，脱离锁紧块后，再按所要求的角度，通过斜导槽将侧芯抽出，这种形式用于侧芯比较宽的时候。图 5-162c 是用斜导槽的外部与滑块接触的部分起锁紧块作用，容易加工，减小了模具尺寸，但锁紧力较小。

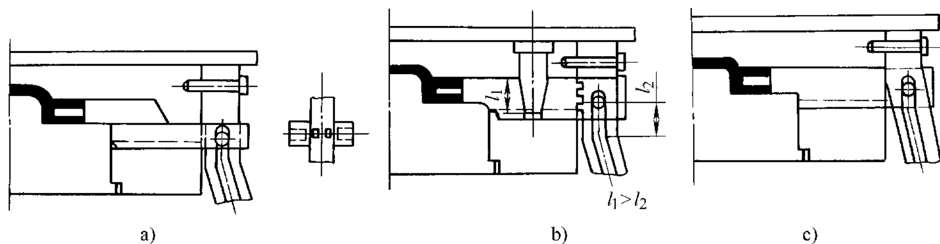


图 5-162 滑块的锁紧方式

5. 楔块分型机构

楔块分型机构如图 5-163 所示。两块楔块 1 分别安装在定模的两边，滑块 3 则装在动模上。开模时由于楔块两侧斜面的作用，使滑块在导滑槽内滑动分型，滑块的终止位置靠定位销 4 定位。合模时靠定模板 2 上的斜面使滑块闭合并锁紧。这种结构比较简单，模具体积小，制造方便，分型力和锁紧力都大，用于大型塑件抽拔距小的情况比较合适。

6. 斜滑块分型抽芯机构

斜滑块分型抽芯机构依导滑部位的不同，可分为滑块导滑的抽芯机构和斜杆导滑的抽芯机构。

（1）滑块导滑的斜滑块分型抽芯机构　滑块导滑的斜滑块分型抽芯机构有斜滑块外侧抽芯、斜滑块内侧抽芯两种形式。

1）斜滑块外侧抽芯。当塑件侧面的凹槽或孔较浅，所需的抽拔距不大，但成型面积较大时，多选用滑块导滑的形式。如图 5-164a 所示，斜滑块 3 上凸耳的斜度与锥形模套 2 滑槽的斜度相配合，斜滑块 3 在推杆 7 的作用下，沿着导滑槽的方向移动，同时向两侧分开，塑件也脱离主型芯 6。图 5-164b 为开模状态，定位螺钉 5 起限位作用，避免滑块脱出锥模套。这种结构的特点是当推杆推动滑块时，塑件的顶出和抽芯动作同时进行，且滑块的刚性较好。因此，滑块的斜角可以较斜导柱的倾斜角大些，一般不超过 30°；斜滑块的推出高度一般不超过导滑长度的 2/3，否则推出塑件时，斜滑块易倾斜，甚至损坏。

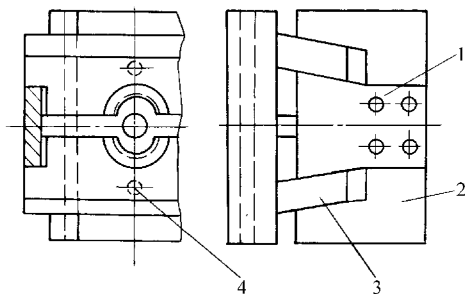


图 5-163　楔块分型机构
1—楔块　2—定模板　3—滑块　4—定位销

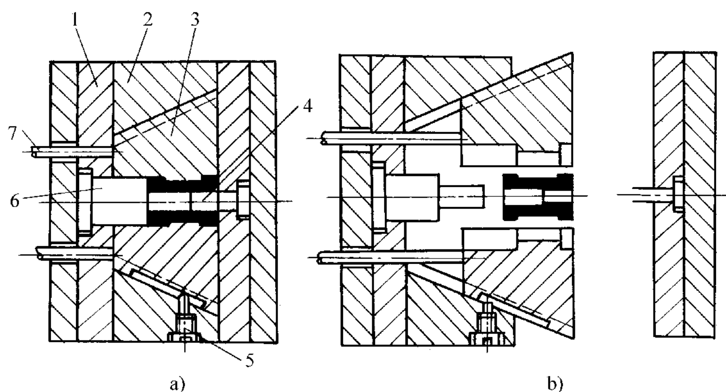


图 5-164　滑块导滑的结构
a）合模注塑状态　b）分型推出状态
1—主型芯固定板　2—模套　3—斜滑块　4—定模型芯　5—定位螺钉　6—主型芯　7—推杆

2）斜滑块内侧抽芯。图 5-165a、b 所示是斜滑块内侧抽芯结构。开模后在推杆 4 的作用下，使斜滑块 1 沿型芯 2 的导滑槽移动，斜滑块从塑件上抽出。这种结构所成型塑件的内螺纹一定要分成数段，否则滑块无法脱出。

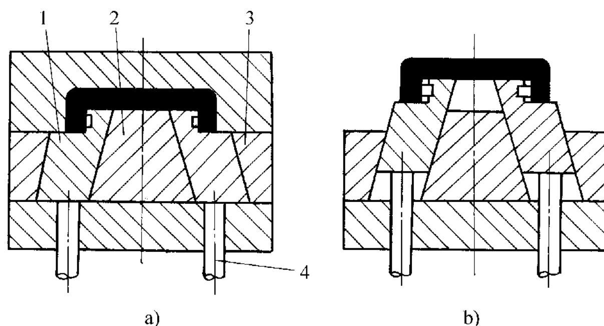


图 5-165　斜滑块内侧抽芯结构

1—斜滑块　2—型芯　3—固定板　4—推杆

3）斜滑块的导滑及组合形式。滑块的导滑形式按导滑部分的形状可分为矩形（见图 5-166a）、半圆形（见图 5-166b、c）和燕尾形（见图 5-166d）。其中，图 5-166a、b、c 三种制造简单，设计时可根据具体加工情况选取。燕尾形加工制造比较复杂，但它占的面积小，有时也有应用。

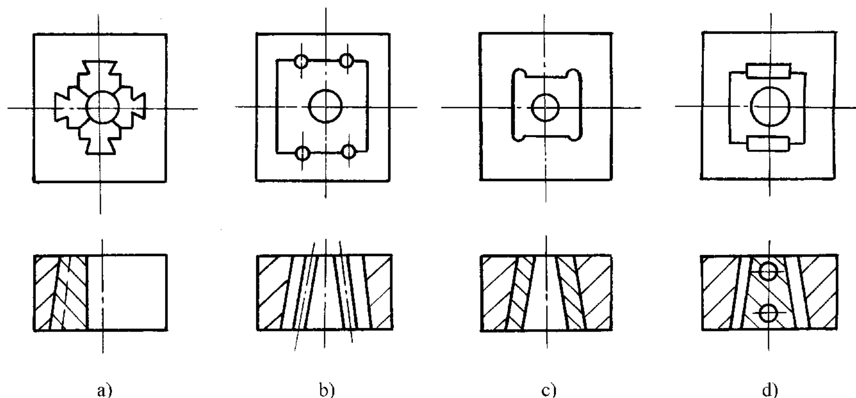


图 5-166　斜滑块的导滑形式

斜滑块的组合形式见图 5-167a、b、c、d、e。要根据塑件形状决定选用哪种形式，其原则是尽量保持塑件的外观，不使塑件留有明显的痕迹，而且滑块的组合部分要有足够的强度。最常用是图 5-167a 所示形式。

4）设计斜滑块抽芯机构时应注意的问题。

①塑件位置的合理选择。塑件在斜滑块中的位置选择很重要。图 5-168a 中，成型塑件孔的型芯设计在定模上。开模时，塑件首先脱离型芯，然后滑块分离，因此塑件必然黏附在附着力较大的斜滑块一边，塑件不易脱下。当把型芯位置改

变一下，如图 5-168b 所示，在推杆的作用下，塑件一边脱离型芯，斜滑块一边分型，最后塑件脱模。

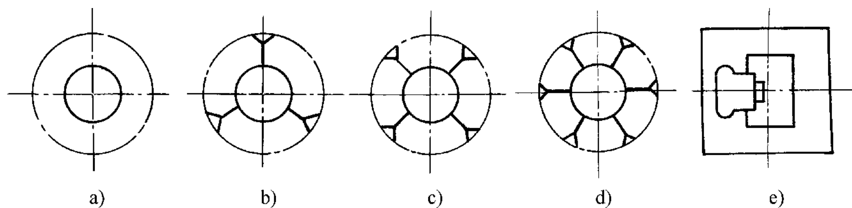


图 5-167　斜滑块的组合形式

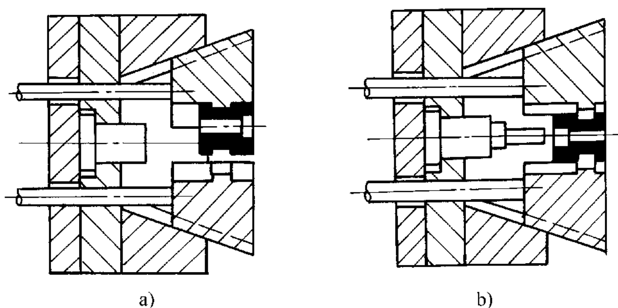


图 5-168　塑件在滑块中的位置

②止动问题。斜滑块通常设计在动模部分，希望塑件对动模部分的包紧力大于定模部分。但是有时由于塑件的形状特点，定模部分的包紧力大于动模部分时，如果没有止动装置，可能出现图 5-169a 所示的情况，最后致使塑件损坏。图 5-169b 所示结构设有止动装置，开模时，止动钉 5 在弹簧的作用下使斜滑块 3 暂时不从锥形模套中脱出。当塑件脱离定模型芯后，在推杆的作用下再使斜滑块分型。

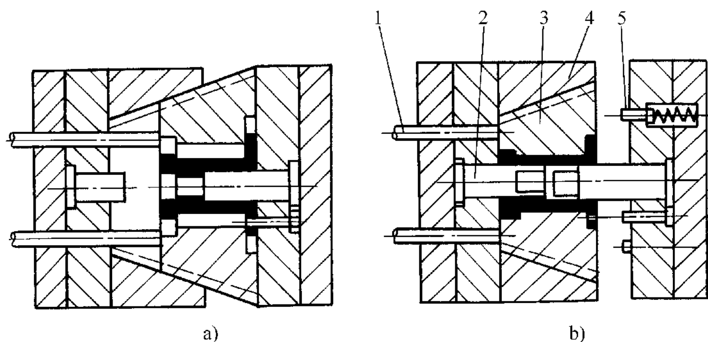


图 5-169　斜滑块的弹簧止动装置

1—推杆　2—型芯　3—斜滑块　4—锥模套　5—止动钉

图 5-170 所示是止动的另一形式。在斜滑块上钻一小孔和定模部分固定的止动销 2 成间隙配合。开模时，在止动销的作用下，斜滑块不能斜向运动，起到了分型时的止动作用。

③斜滑块的装配要求。为了保证斜滑块在闭模时拼合紧密，在注射成型时不产生溢料，要求斜滑块 2（见图 5-171）底部与动模模套 1 之间要有 0.2～0.5mm 的间隙，同时还必须高出模套 0.2～0.5mm，以保证当斜滑块 2 与动模模套 1 的配合面有了磨损时，还能够保持拼合的紧密。

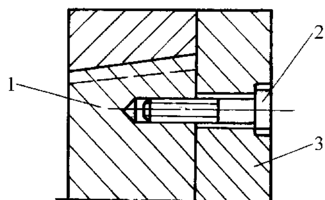


图 5-170 导销止动斜滑块的结构
1—滑块 2—止动销 3—定模板

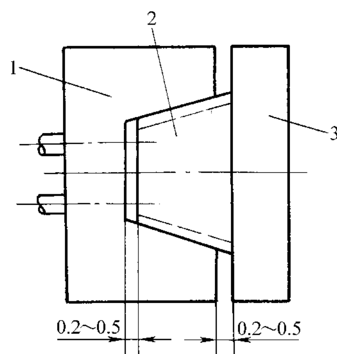


图 5-171 滑块与模套的配合
1—动模模套 2—斜滑块 3—定模

（2）斜杆导滑的斜滑块分型抽芯机构 由于斜杆强度的限制，斜杆导滑的斜滑块抽芯机构多用于抽拔力不大的场合，它分为外侧抽芯和内侧抽芯两种形式。

1）斜杆导滑的斜滑块外侧抽芯机构。图 5-172 所示为一数字轮的模具，共由五个滑块构成，每个滑块成型两个深度不大的凹字。成型滑块与方形斜杆连接

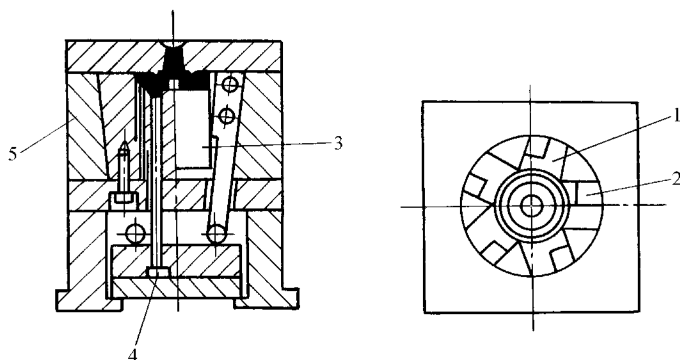


图 5-172 斜滑块外侧抽芯
1—滑块 2—斜杆 3—型芯 4—推杆 5—锥套

在一起，斜杆在锥形模套底部的方形斜孔内滑动，推出板推动斜杆，带动成型滑块按斜杆倾斜方向运动，完成分型抽芯动作，并在推杆 4 的作用下推出塑件。由于斜杆的刚性差，因此不能承受较大的抽拔力，斜角也应取小些，一般为 10°～20°。

2）斜杆导滑的斜滑块内侧抽芯机构。如图 5-173 所示，斜杆 2 的头部为成型滑块，在凸模 5 上开设斜孔，为了减小摩擦，斜杆底部设有滚轮。在推出装置的作用下，推出板使斜杆同时沿斜孔移动，塑件一面抽芯一面脱模。

7. 斜槽分型抽芯机构

塑件的侧芯抽拔力不大、抽拔距小，而且多个侧芯等分于圆的周围时，多采用斜槽分型抽芯机构。斜槽分型抽芯机构分为偏心转盘和偏心滑板两种形式。

（1）偏心转盘分型机构　如图 5-174 所示，在转盘 4 上开设几个渐离中心的斜槽，每个斜槽中通过导销 2 连接滑块 1。当转盘转动某一角度时，滑块则在各自的导滑槽内移动，使侧型芯抽出。转盘的转动和复位由装在定模板上沿圆周方向倾斜的斜导柱 3 驱动，最后由推杆 6 将塑件推出型腔。

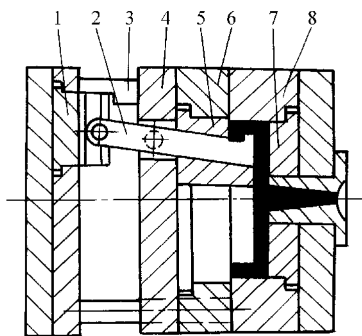


图 5-173　斜滑块内侧抽芯

1—滑座　2—斜杆　3—复位杆　4—动模板

5—凸模　6—固定板　7—型芯　8—定模板

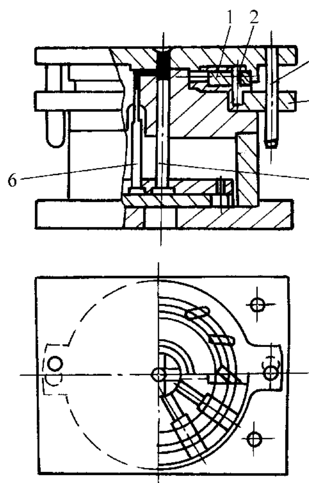


图 5-174　偏心转盘分型机构

1—滑块　2—导销　3—斜导柱

4—转盘　5—拉料杆　6—推杆

（2）偏心滑板分型抽芯机构　图 5-175 所示为偏心滑板抽芯结构，其特点就是斜槽开在滑板 2 上。开模后，在斜楔 1 的作用下使滑板 2 向上移动，在滑板 2 的斜槽中有滚筒 3 与滑块 4 连接，由于斜槽的移动，迫使滑块作抽芯动作。闭模时，在锁紧块 5 的作用下使滑板 2 复位。

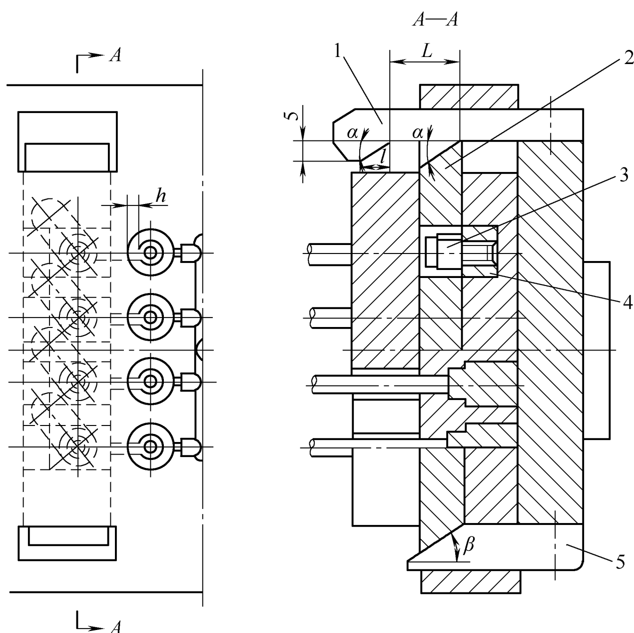


图 5-175 偏心滑板分型抽芯机构

1—斜楔 2—滑板 3—滚筒 4—滑块 5—锁紧块

8. 齿轮齿条抽芯机构

齿轮齿条抽芯机构中齿条的固定位置不同，抽芯的种类也不同。齿条有固定在定模上的，也有固定在推出板上的；抽芯方向有直芯，也有弧型芯。

（1）齿条固定在定模的侧向抽芯机构 如图 5-176 所示，塑件上的斜孔由齿条型芯 2 成型。开模时，固定在定模上的传动齿条 4，通过齿轮 3 带动齿条型芯抽出塑件。开模到终点位置时，传动齿条 4 脱离齿轮 3。为了防止再次合模时齿条型芯 2 不能恢复原位，在齿轮 3 的轴上装有定位钉 1，使齿轮 3 始终保持在与传动齿条 4 的最后脱离的位置上。

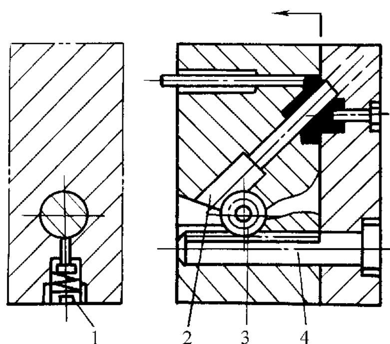


图 5-176 齿轮齿条抽芯机构

1—定位钉 2—型芯 3—齿轮 4—齿条

（2）齿条固定在推出板上的斜向抽芯机构 图 5-177 所示是齿轮齿条抽芯机构，它全部装在动模上。在推出塑件前，必须先将斜向型芯抽出。开模后，在推出力作用下，传动齿条 3 首先通过齿轮 2 将齿条型芯抽出。继续开模时，推板 5 与推板 4

接触并同时运动，推出杆将塑件推出。由于传动齿条 3 与齿轮 2 始终啮合，所以齿轮轴上不需再设定位装置。如果抽芯距长，而推出行程不宜太大时，可将齿轮 2 做成齿数不等的双联齿轮，用加大传动比的方法可以获得较长的抽拔距。

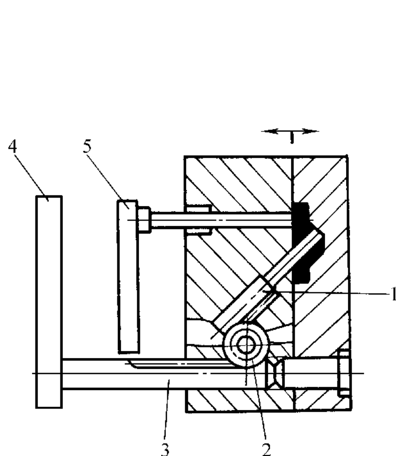


图 5-177　齿条固定在推出板上的结构
1—齿条型芯　2—齿轮　3—传动齿条　4、5—推板

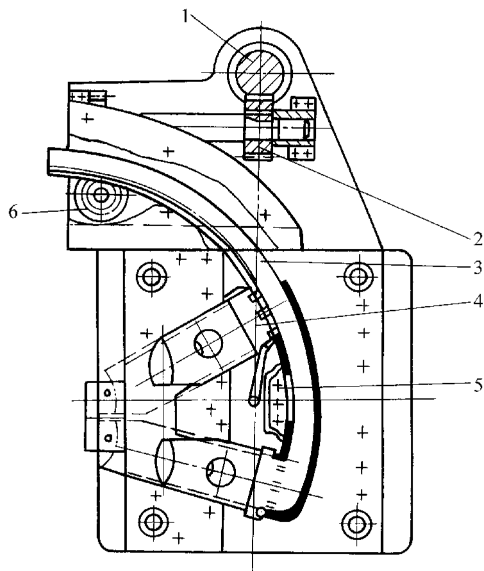


图 5-178　齿轮齿条抽弧形弯型芯
1—齿条　2、6—齿轮　3—弧形齿条型芯　4—滑块　5—型芯

（3）齿轮齿条抽弧形弯型芯机构　如图 5-178 所示，塑件为电话听筒。利用开模力使固定在定模上的齿条 1 拖动动模边的直齿轮 2，通过互成 90°的斜齿轮转向后，由直齿轮 6 带动弧形齿条型芯 3 沿弧线抽出。同时装固在定模上的斜导柱使滑块 4 抽出，塑件由推杆推出模外。这种结构的抽拔距可以很长。

图 5-179 所示是齿轮齿条与三角形摆块组合的抽芯机构。导板 7 固定在定模上，导板上的导滑槽按抽芯距的大小而确定。三角摆块起杠杆作用，一点固定在动模支架上，一点用长圆孔与齿条 2 连接，另一点在导板 7 的导滑槽中滑动，使齿条推向模内移动，通过齿轮 4 的传动使型芯 5 抽出

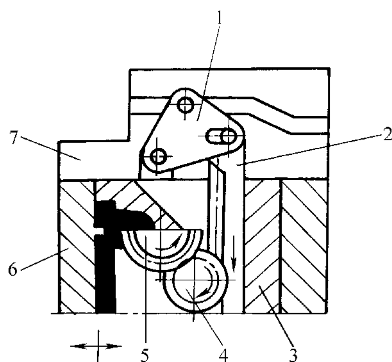


图 5-179　齿轮齿条与三角形摆块组合的抽芯形式
1—三角形楔块　2—齿条　3—动模　4—齿轮　5—型芯　6—定模　7—导板

塑件。这种结构与图 5-178 比较，抽拔距较小。

图 5-180 所示是抽弧形弯型芯的另一种结构形式。短连杆 4 的轴与齿轮轴连接，靠模具的开闭动作使长连杆 3 带动短连杆 4 摆动，从而使模内齿轮旋转，型芯齿条 1 完成抽芯动作。由于摆动角度的限制，这种结构的抽拔距也较小。

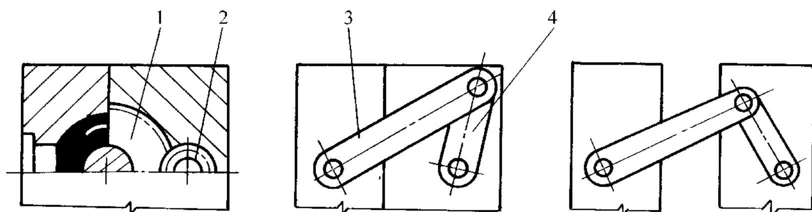


图 5-180 抽弧形弯型芯结构

1—型芯齿条 2—齿轮 3—长连杆 4—短连杆

以上抽芯结构都是利用齿轮拖动齿条将型芯抽出，只是动力来源不同。这种结构便于抽任意斜度的型芯和圆弧型弯型芯，只是结构复杂一些。

5.7.3 液压或气压抽芯机构

侧芯的移动是靠液体或气体的压力，通过液压缸（或气缸）、活塞及控制系统而实现的。图 5-181 所示是侧芯在定模一边，利用气缸在开模前使侧芯移动，然后再开模。这种结构没有锁紧装置，因此，必须如图 5-181 所示的那样，侧孔为通孔，使得侧芯没有后退的力，或是型芯承受侧压力很小，气缸压力即能使侧芯锁紧不动。

图 5-182 所示是有锁紧装置的液压抽芯机构，侧芯在动模一边。开模后，首先由液压抽出侧芯，然后再推出塑件，推出系统复位后，侧芯再复位。液压抽芯可以单独控制型芯的运动，不受开模时间和推出时间的影响。

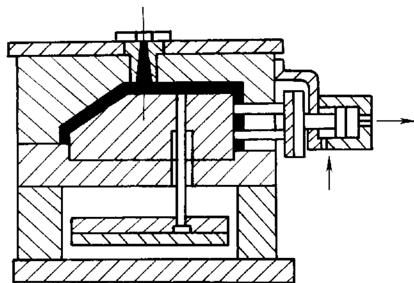


图 5-181 气压抽芯

图 5-183 所示是液压抽长型芯机构。由于采用了液压抽芯，因此避免了作用瓣合模组合形式，使模具结构简化。并且当侧芯很长、抽拔距很大时，用斜导柱抽芯机构也不合适，用液压抽出比较好，液压抽芯抽拔力大，运动平稳。

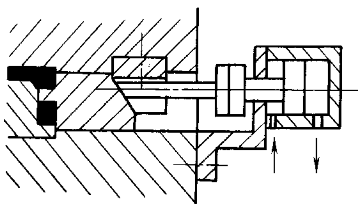


图 5-182　液压抽芯机构

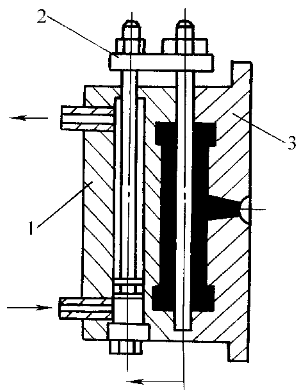


图 5-183　液压抽长型芯机构
1—动模　2—型芯固定板　3—定模

5.7.4　手动分型抽芯机构

手动抽芯机构多用于试制和小批量生产的模具。用人力将型芯从塑件上抽出，劳动强度很大，生产率很低，但是结构简单，缩短了模具加工周期，降低了制造成本，所以有时还采用。

手动抽芯多用于型芯、螺纹型芯、成型块的抽出，可分为模内手动分型抽芯和模外手动分型抽芯两种。

1. 模内手动分型抽芯机构

模内手动分型抽芯机构指在开模前,用手扳动模具上的分型抽芯机构完成抽芯动作,然后再开模,推出塑件。手动分型抽芯机构多利用丝杠、斜槽或齿轮装置。

(1) 丝杠手动抽芯机构　利用丝杠和螺母的配合，使型芯退出。丝杠可以一边转动一边抽出，也可以只作转动，由滑块移动来实现抽芯动作。图 5-184a 所示机构用于圆形型芯；图 5-184b、d 所示机构用于非圆形成型孔；图 5-184c 所示机构用于多型芯的同时抽拔；图 5-184e 所示机构用于成形面积大，而支架承受不了较大的成型压力时，用斜楔锁紧来确保成型孔深的尺寸精度。

(2) 手动斜槽分型抽芯机构　其动作原理和机动斜槽分型一样，只是用人力使转盘转动。图 5-185 所示是手动抽拔多芯结构，图 a 是偏心转盘的结构，图 b 是偏心滑板的结构。它适用于抽拔距不大的小型芯，结构简单，操作方便。

(3) 手动齿轮抽芯机构　手动齿轮抽芯是通过齿轮与齿轮的传动或齿轮与齿条的传动使型芯抽出。图 5-186a 所示是用于大塑件的伞齿轮抽芯结构，一模一件。图 5-186b 所示为一腔几件的伞齿轮抽芯结构。图 5-187 所示是利用齿轮齿条传动，手动抽出型芯。开模后，转动手柄 3，齿轮 4 带动齿条型芯 2 抽出。由于齿条无自锁作用，齿条型芯 2 复位后由锁紧楔 1 锁住型芯。

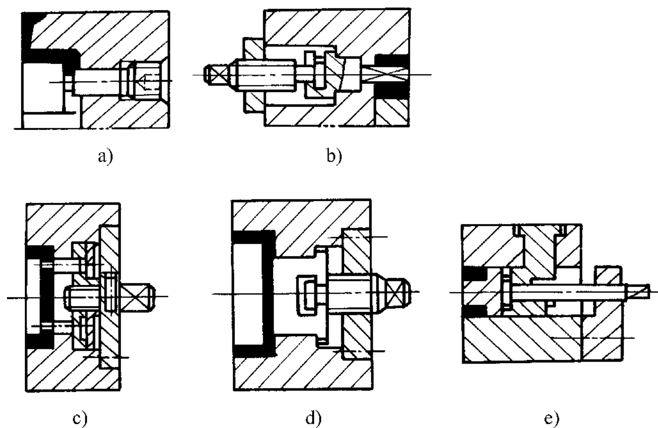


图 5-184　丝杠手动抽芯机构

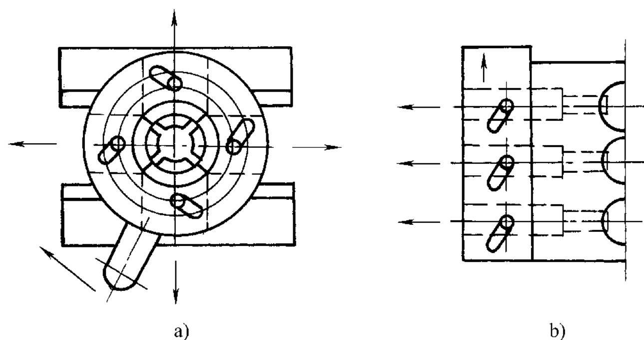


图 5-185　手动多芯抽拔结构

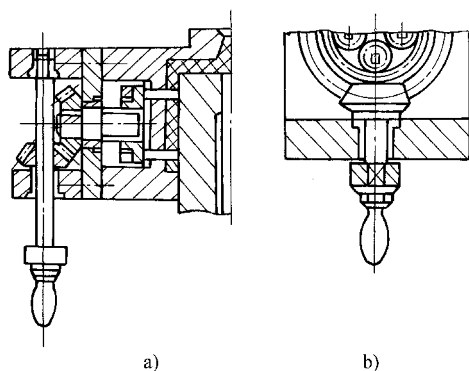


图 5-186　伞齿轮抽芯机构

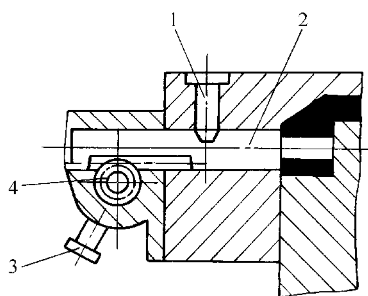


图 5-187　齿轮齿条抽芯机构

1—锁紧楔　2—齿条型芯

3—手柄　4—齿轮

2. 模外手动分型抽芯机构

模外手动分型抽芯机构是指镶块或型芯和塑件一起推出模外，然后用人工或简单的机械将镶块从塑件上取下的结构。塑件受到结构形状的限制或生产批量很小，不宜采用前面所介绍的几种抽芯机构时，可以采用模外手动分型抽芯机构，如图 5-188 所示。这种结构必须既要便于取件，又要有可靠的定位，防止在成型过程中镶块产生位移，影响塑件的尺寸精度。图 5-188a 利用活动镶块的顶面与定模型芯的顶面相密合而定位。图 5-188b 在活动镶块上设一个平面与分型面相平，在闭模时，分型面将活动镶块压紧。图 5-188c 的活动镶块用斜面与凸模配合，注射压力将活动镶块压紧。图 5-188d 的结构是由于内侧凸起部分有嵌件，很难用其他形式抽芯，所以采用活动镶块形式。开模后，活动镶块和塑件一起被推出模外，首先卸下安装嵌件的螺钉，然后再取下活动镶块。当不能采用前几种定位形式时，可用图 5-188e 的结构。开模后，斜楔 3 与定位销固定板 2 脱离，在弹簧的作用下，定位销 4 抽出后开始推出塑件。闭模过程是推杆 6 复位后，将活动镶块 5 放入模内，然后合模，定位销在斜楔的作用下插入活动镶块的孔内，起定位作用。

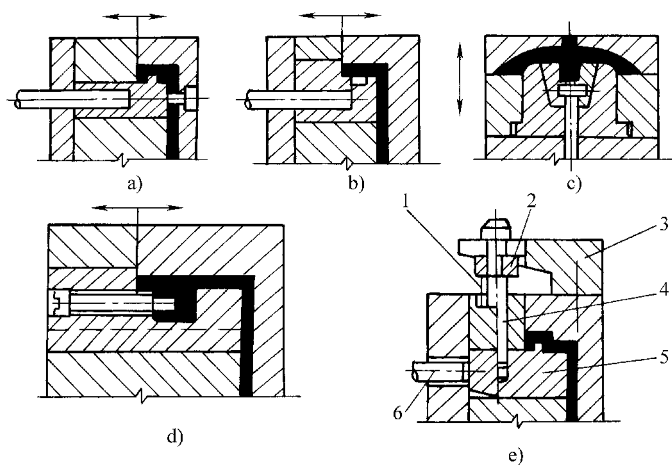


图 5-188　模外手动分型抽芯机构

1—弹簧　2—固定板　3—斜楔　4—定位销　5—活动镶块　6—推杆

5.8　排气机构及引气系统

注塑成型模具的排气机构设计是一个很重要的问题，对于成型大尺寸制件、精密制件及聚氯乙烯、聚甲醛等易分解产生气体的树脂来说尤为重要。因此，在设计型腔结构与浇注系统时，必须考虑如何设置排气机构，以保证制件不因排气

不良而发生质量问题。

5.8.1 排气机构的作用

在塑料熔体填充注射型腔的过程中，型腔内除了原有的空气外，还有塑料含有的水分在注射温度下蒸发而形成的水蒸气、塑料局部过热分解产生的低分子挥发性气体、塑料助剂挥发（或化学反应）所产生的气体以及热固性塑料交联硬化释放的气体等。此外，有些塑料在其固化过程中，还会因体积收缩放出气体。这些气体如果不能被熔融塑料顺利地排出型腔，将在制件上形成气孔、接缝、表面轮廓不清，不能完全充满型腔；同时，还会因气体被压缩而产生的高温灼伤制件，使之产生焦痕、色泽不佳等缺陷。而且型腔内气体被压缩产生的反压力会降低充模速度，影响注射周期和产品质量（特别在高速注射时）；同时，部分气体还会在压力作用下渗进塑料中去，使制件产生气泡及组织疏松等废品。由此可见，型腔内气体必须及时排出，否则，将会严重影响产品质量。

5.8.2 排气机构设计

1. 排气槽排气

对大中型塑件的模具，需排出的气体量多，通常在分型面上的凹模一边开设排气槽，排气槽的位置以处于熔体流动末端为好，如图5-189所示。排气槽宽度 $b=3\sim5$mm，深度 $h<0.05$mm，长度 $l=0.7\sim1.0$mm，此后可加深到 $0.8\sim1.5$mm。常用塑料排气槽深度尺寸见表5-12。

表5-12 各种不同树脂的排气槽深度 （单位：mm）

树脂名称	排气槽深度	树脂名称	排气槽深度
PE	0.02	PA（含玻璃纤维）	0.01～0.03
PP	0.01～0.02	PA	0.01
PS	0.02	PC	0.02～0.03
SB	0.03	PC（含玻璃纤维）	0.05～0.07
ABS	0.03	PBT（含玻璃纤维）	0.01～0.03
SAN	0.03	AS	0.03
ASA	0.03	PMMA	0.02～0.03
POM	0.01～0.03		

2. 分型面排气

对于小型模具可利用分型面间隙排气，但分型面需位于熔体流动末端，如图5-190a、b所示。通常，排气槽最好加工成弯曲状，其截面由细到粗逐渐加大，

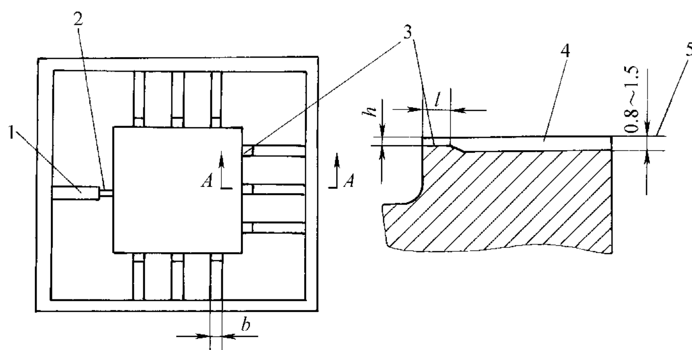


图 5-189　排气槽设计

1—分流道　2—浇口　3—排气槽　4—导向沟　5—分型面

这样可以降低塑料熔体从排气槽溢出时的动能，同时还能降低塑料熔体溢出时的流速，以防发生工伤事故。

通常，选择排气槽的开设位置时，应遵循以下原则：

1）排气槽的排气口不能正对操作者，以防熔料喷出而发生工伤事故。

2）排气槽最好开设在分型面上，因为在分型面上如果因设排气槽而产生飞边，易随制件脱出。一般情况下，排气槽设在分型面凹模一侧，以便于模具加工及清模方便。

3）排气槽应尽量开设在塑料熔体最后才能填充的型腔部位，如流道或冷料穴的终端。在确定浇口的位置时，同时还要考虑排气槽的开设是否方便。

4）排气槽最好开设在靠近嵌件和制件壁最薄处，因为这样的部位最容易形成熔接痕，宜排出气体，并排出部分冷料。

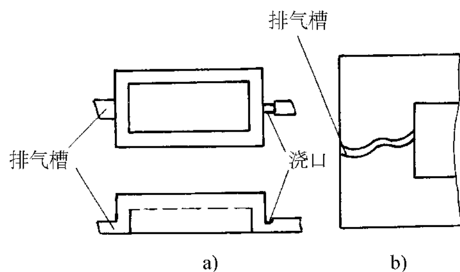


图 5-190　分型面上的排气槽形式

5）若型腔最后充满部位不在分型面上，其附近又无可供排气的推杆或活动型芯时，可在型腔相应部位镶嵌烧结的多孔金属块，以供排气。

6）高速注射薄壁型制件时，排气槽设在浇口附近，可使气体连续排出。

3. 利用型芯、推杆、镶件等的间隙排气

（1）型芯或型腔排气　如图 5-191a 所示，对于组合式的型芯或型腔可利用其拼合的缝隙排气。

（2）推杆排气　如图 5-191b 所示，在推杆槽上设置排气槽。由于推杆是运

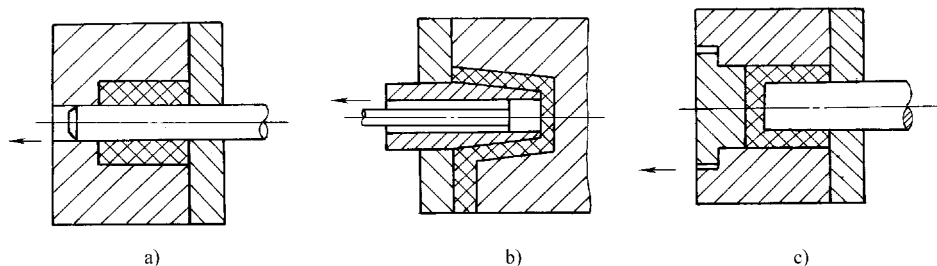


图 5-191　利用间隙排气

动零件可达到自清理效果，其效果较好。

（3）镶件排气　如图 5-191c 所示，它是利用成型镶件的配合间隙进行排气。

（4）烧结合金块排气　如图 5-192 所示。采用烧结合金块排气时，由于烧结合金块的热导率低，不能使其过热，否则易产生分解物而堵塞气孔。

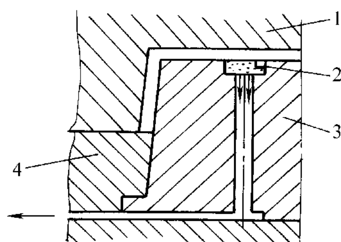


图 5-192　利用烧结合金块排气
1—凹模　2—合金块
3—型芯　4—固定板

4. 利用负压法排气

在型芯之间加工冷却回路时，不设置密封装置。利用冷却回路内的负压通水，使水道内的冷却水压力低于大气压，从而将气体排入冷却水道。

5.8.3　引气系统

排气是制件成型的需要，而引气是制件脱模的需要。对于大型深壳塑料制件，注塑成型后，型腔内气体被排除。制件表面与型芯表面之间在脱模过程中形成真空，难以脱模。若强制脱模，制件会变形或损坏，因此，必须设引气装置。

由于热固性塑料制件在型腔内的收缩小，特别是不采用镶拼结构的深型腔，在开模时空气无法进入型腔与制件之间，使制件黏附在型腔的情况比热塑性塑料制件更为严重，因此，必须引入气体，使制件顺利脱模。

常见的引气装置形式有以下几种：

（1）利用排气间隙　在模具成型零件分型面配合间隙排气的场合，排气间隙即为引气间隙，见图 5-191。

（2）镶嵌式侧隙引气　镶块或型芯与其他成型零件为过盈配合时，空气无法引入型腔，若配合间隙放大，则镶块的位置精度低，所以考虑在镶块侧面的局

部开设引气槽，并延续到模外。如制件接触部分槽深不大于 0. 05mm，为免溢料堵塞，而延长部分深度为 0. 2 ~ 0. 8mm，如图 5-193 所示。

（3）气阀式引气　如图 5-194 所示，开模时推件板 3 将制件推出，制件与型芯之间形成真空，将止回阀 2 吸开，空气便能引入，而当熔体注射充模时，由于熔体压力和弹簧 1 的作用力将止回阀关闭。这种方式比较理想，但阀芯与阀座之间需研磨，加工要求高。

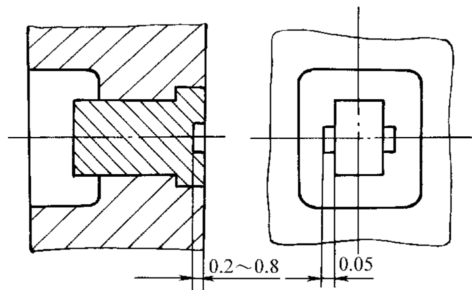


图 5-193　镶嵌式侧隙引气

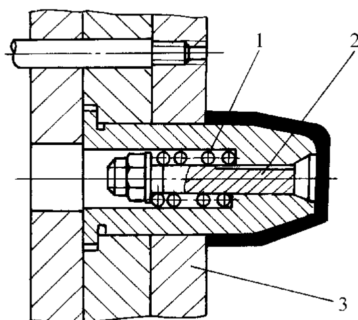


图 5-194　气阀式引气
1—弹簧　2—止回阀　3—推件板

5.9　温度调节系统

5.9.1　简介

在注塑成型过程中，模具的温度直接影响到塑件成型的质量和生产效率。由于各种塑料的性能和成型工艺要求不同，模具的温度要求也不同。一般注射到模具内的塑料温度为 200℃左右，而塑件固化后从模具型腔中取出时其温度在 60℃以下，温度降低是由于模具通入冷却水，将热量带走了。普通的模具通入常温的水进行冷却，通过调节水的流量就可以调节模具的温度。这种冷却方法一般用于流动性好的低熔点塑料的成型。为了缩短成型周期，还可以把常温的水降低温度后再通入模内。因为成型周期主要取决于冷却时间，用低温水冷却模具，可以提高成型效率。不过需要注意的是，用低温水冷却，大气中的水分可能在型腔表面凝聚，会影响制件质量。

流动性差的塑料如聚碳酸酯、聚苯醚、聚甲醛等，要求模具温度高。若模具温度过低则会影响塑料的流动，增大流动剪切力，使塑件内应力较大，甚至还会出现冷流痕、银丝、注不满等缺陷。尤其是当冷模刚刚开始注射时，这种情况更为明显。因此，对于高熔点、流动性差的塑料，流动距离长（相对壁厚而言）的制件，为了防止填充不足，有时也在水管中通入温水或把模具加热。但模具温

度也不能过高，否则要求冷却时间延长，且制件脱模后易发生变形。总之，要做到优质、高效率生产，模具必须能够进行温度调节，应根据需要进行设计。

1. 模具温度与塑料成型温度的关系

注入模具的热塑性熔融塑料，必须在模具内冷却固化才能成为制件，所以模具温度必须低于注入型腔的熔融塑料温度。为了提高成型效率，一般通过缩短冷却时间来缩短成型周期。虽然模具温度越低，冷却时间就越短，但是这种规则不能适用于所有的塑料。因塑料自身的性质及制件要求的性能各不相同，要求的模具温度也各不相同。必须根据不同的要求，选择适当的温度。与各种塑料相适应的模具温度见表 5-13。

表 5-13 各种塑料的成型温度与模具温度 （单位：℃）

塑料名称	成型温度	模具温度	塑料名称	成型温度	模具温度
LDPE	190～240	20～60	PS	170～280	20～70
HDPE	210～270	20～60	AS	220～280	40～80
PP	200～270	20～60	ABS	200～270	40～80
PA6	230～290	40～60	PMMA	170～270	20～90
PA66	280～300	40～80	硬 PVC	190～215	20～60
PA610	230～290	30～60	软 PVC	170～190	20～40
POM	180～220	60～120	PC	250～290	90～110

2. 温度调节对塑件质量的影响

质量优良的塑料制件应满足以下六个方面的要求，即收缩率小、变形小、尺寸稳定、冲击强度高、耐应力开裂性好和表面光洁。模温对以上各点的影响分述如下：

采用较低的模温可以减小塑料制件的成型收缩率。

模温均匀、冷却时间短、注射速度快可以减小塑件的变形。其中均匀一致的模温尤为重要，但是由于塑料制件形状复杂、壁厚不一致、充模顺序先后不同，常出现冷却不均匀的情况。为了改善这一状况，可将冷却水先通入模温最高的地方，甚至在冷得快的地方通温水，慢的地方通冷水，使得模温均匀，塑件各部位能同时凝固。这不仅提高了制件质量，也缩短了成型周期。但由于模具结构复杂，要完全达到理想的调温往往是困难的。

对于结晶型塑料，为了使塑件尺寸稳定应该提高模温，使结晶在模具内尽可能地达到平衡。否则，塑件在存放和使用过程中，由于后结晶会造成尺寸和力学性能的变化（特别是玻璃化温度低于室温的聚烯烃类塑件），但模温过高对制件性能也会产生不好的影响。

结晶型塑料的结晶度还影响塑件在溶剂中的耐应力开裂能力，结晶度越高该能力越低，故降低模温是有利的。但是对于聚碳酸酯一类的高黏度非结晶型塑

料，耐应力开裂能力和塑件的内应力关系很大，故提高充模速度、减少补料时间及采用高模温是有利的。

实验表明高密度聚乙烯冲击强度受充模速度影响很大，特别在浇口的附近，高速注射的制件较低速注射的制件在浇口附近冲击强度高 1/4，但模温影响较小，以采用较低的模温（45 ~ 54℃）为宜。

对塑件表面粗糙度影响最大的除型腔表面加工质量外就是模具温度，提高模温能大大改善塑件表面状态。

上述六点要求有互相矛盾的地方，在选用时应根据使用情况侧重于满足塑件的主要要求。

3. 对温度调节系统的要求

前面已经介绍了温度调节系统的重要性，因此，希望设计温度调节系统时，能满足下面要求：

1）根据塑料的品种，确定温度调节系统是采用加热方式还是冷却方式。

2）希望模温均一，塑件各部同时冷却，以提高生产率和提高塑件质量。

3）采用低的模温，快速、大流量通水冷却一般效果比较好。

4）温度调节系统要尽量做到结构简单、加工容易、成本低廉。

5.9.2　模具冷却系统的设计

1. 冷却时间的计算

塑件在模具内的冷却时间，通常是指塑料熔体从充满型腔时起到可以开模取出塑件时为止这一段时间。可以开模取出塑件的时间，常以塑件已充分固化，且具有一定的强度和刚度为准。具体有三种标准及计算公式。

1）塑件最厚部位断面中心层温度达到热变形温度以下时，所需冷却时间的简化计算公式为

$$t_1 = \frac{\delta^2}{\pi^2 k}\ln\left[\frac{4(T_m - T_\omega)}{\pi(T_s - T_\omega)}\right] \tag{5-27}$$

式中　t_1——塑件所需冷却时间（s）；

δ——塑件壁厚（mm）；

k——塑件的热扩散率（m^2/s）；

T_m——塑料熔体温度（℃）；

T_ω——模具温度（℃）；

T_s——塑料的热变形温度（℃）。

2）塑件截面内平均温度达到规定的脱模温度时，所需冷却时间的简化计算公式为

$$t_2 = \frac{\delta^2}{\pi^2 k}\ln\left[\frac{8(T_m - T_\omega)}{\pi^2(\bar{T}_s - T_\omega)}\right] \tag{5-28}$$

式中 t_2——塑件所需冷却时间（s）；

$\bar{T}_s$——塑件脱模时截面内平均温度（℃）。

3）结晶性塑料制件的最大壁厚中心层达到凝固点时，所需冷却时间的经验公式如下：

①聚乙烯（PE）

棒类
$$t_3 = 123.96R^2\frac{T_m + 28.9}{185.6 - T_\omega} \tag{5-29}$$

板类
$$t_3 = 79.98\delta^2\frac{T_m + 28.9}{185.6 - T_\omega} \tag{5-30}$$

以上两式的适用范围：$T_m = 193.3 \sim 248.9$℃，$T_\omega = 4.4 \sim 79.4$℃。

②聚丙烯（PP）

棒类
$$t_3 = 65.66R^2\frac{T_m + 490}{223.9 - T_\omega} \tag{5-31}$$

板类
$$t_3 = 37.85\delta^2\frac{T_m + 490}{223.9 - T_\omega} \tag{5-32}$$

以上两式的适用范围：$T_m = 232.2 \sim 282.2$℃，$T_\omega = 4.4 \sim 79.4$℃。

③聚甲醛（POM）

棒类
$$t_3 = 71.61R^2\frac{T_m + 157.8}{157.8 - T_\omega} \tag{5-33}$$

板类
$$t_3 = 36.27\delta^2\frac{T_m + 157.8}{157.8 - T_\omega} \tag{5-34}$$

以上两式的适用范围：$T_m > 190$℃，$T_\omega < 125$℃。

式中 t_3——塑件所需冷却时间（s）；

T_m——棒类或板类塑件的初始成型温度（℃）；

T_ω——模具温度（℃）；

R——棒类塑件的半径（mm）；

δ——板类塑件的厚度（mm）。

2. 热交换系统

注塑成型过程中，模具的温度对塑料熔体的充模流动、固化定型、生产率、制件的形状和尺寸精度、机械强度、应力开裂和表面质量等均有影响。为了保证制件质量和较高的生产率，模具温度必须适当、稳定、均匀。

塑料模是塑料模塑成型必不可少的工艺装备，同时又是一个热交换器。输入热量的方式是加热装置的加热和塑料熔体带进的热量；输出热量的方式是自然散热和向外热传导，其中 95% 的热量是靠传热介质（冷却水）带走。在模塑过程中，要保持模具温度的稳定，就应保持输入热与输出热平衡。为此，必须设置模具的热交换系统，对模具进行加热和冷却，以控制模具温度。

（1）确定加热与冷却的原则　注塑模的热交换系统必须具有冷却或加热的功能，必要时还二者兼有。通常所采用的冷却或加热介质有水、热油和蒸汽，也可采用电加热方式。水又分为常温水、温水和冷水三种。常温水是指不经加热或冷却处理的自然水流；温水是指经过一定程度加热的水流；冷水则是指经冷却处理后的水流。

究竟在何种情况下需要对模具进行冷却或加热，与不同特性的塑料品种、制件结构形状、尺寸大小、生产率及成型工艺对模具温度的要求有关。确定冷却或加热的原则如下所述：

1）对于黏度低、流动性好的塑料（如聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯和聚酰胺等），因为成型工艺要求的模具温度不太高，通常可用常温水对模具进行冷却，并通过调节水的流量大小控制模具温度。若要提高这类塑料制件的生产率，缩短制件在模内的冷却时间及成型周期，可采用冷水控制模温。

2）对于黏度高、流动性差的塑料（如聚碳酸酯、硬聚氯乙烯、聚苯醚、聚砜和氟塑料等），为了改善充模性能，成型工艺常要求模具具有较高的温度，需要对模具采取加热措施。

3）对于低黏流温度或低熔点塑料，一般需要采用常温水或冷水对模具进行冷却。但是，如果需要改善充模流动性，或是为了解决某些成型质量方面的问题，也可采取加热措施。

4）对于高黏流温度或高熔点塑料，可用温水控制模温。其目的是使温水对塑料制件产生冷却作用，并比常温水和冷水更有利于促使模温分布趋于均匀化。

5）对于热固性塑料，模温要求在 150～220℃，必须对模具采取加热措施。

6）由于制件几何形状的影响，制件在模具内各处的温度不一定相等，常会因温度分布不均导致成型质量差。为此，可对模具采用局部加热或局部冷却的方法，以改善制件温度的分布情况。

7）对于流程长、壁厚又较大的制件，或者是黏流温度或熔点虽然低，但成型面积很大的制件，为保证塑料熔体在充模过程中不因温度下降而难以流动，也可对模具采取适当的加热措施。

8）对于工作温度高于室温的大型模具，可在模内设置加热装置，以保证在生产之前预热模具。

9）为了实现准确地控制模温，可在模具中同时设置加热器和冷却器。

10）对于小型薄壁制件，且成型工艺要求模温不太高时，可不设置冷却装置。

11）结构简单，加工容易，成本低廉。

（2）冷却系统　对于小型注塑模，塑料熔体传给模具的热量可以依靠自然对流和辐射的方式散发，但在更多的情况下，熔体传给模具的绝大多数热量只能依靠冷却水对流传导扩散出去。因此，需在模具中合理地设计冷却水的通道截面尺寸及长度，以便准确地计算控制模温所需的热传导面积。

1）冷却水孔数量尽量多，尺寸尽量大。型腔表壁的温度与冷却水道的数量、截面尺寸以及冷却水的温度有关。图 5-195 所示是在冷却水道数量和截面尺寸不同的条件下，向模具内通入不同温度（45℃和 59. 83℃）的冷却水后，模具内同一截面上的等温曲线分布情况。采用 5 个直径较大的水道时，型腔表壁的温度分布比较均匀，温差只有 0. 05℃左右（分型面附近的温度约 60. 05℃，型腔表壁温度约 60℃），见图 5-195a；而采用两个直径较小的水道时，型腔表壁温度分布的均匀性变差，温差达 6. 67℃左右（分型面附近的温度约 60℃，型腔表壁的温度约 53. 33℃），见图 5-195b。据此可知，为了使型腔表壁的温度分布趋于均匀，防止制件出现温度不均以及由此而产生的不均匀性收缩和制件残余应力，在模具结构和尺寸允许的情况下，应尽量多设冷却水道，并使用较大的截面尺寸。

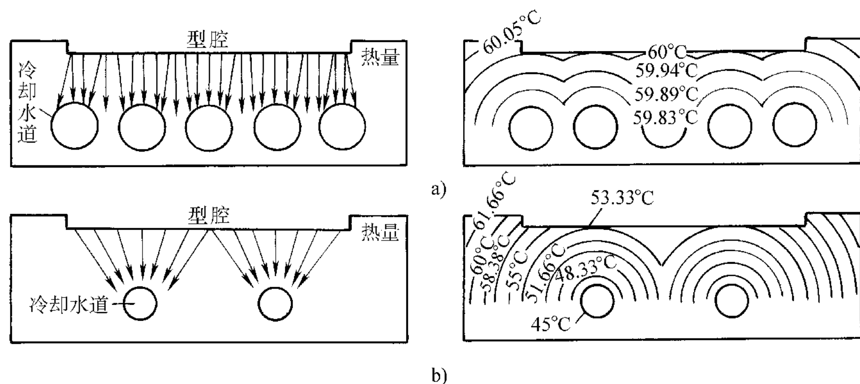


图 5-195　热传导与温度梯度

2）冷却水孔至型腔表面距离相等。当塑件壁厚均匀时，冷却水孔与型腔表面各处最好有相同的距离，如图 5-196a 所示。当壁件壁厚不均匀时，如图 5-196b 所示，厚壁处冷却水通道要靠近型腔，间距要小。一般水孔边离型腔的距离大于 10mm，常用 12 ~ 15mm。

3）浇口处加强冷却。普通熔融的塑料充填型腔的时候，浇口附近温度最高，距浇口越远温度越低。因此，浇口附近要加强冷却，通入冷水，而在温度低的外侧使经过热交换了的温水通过即可。图 5-197 所示为侧浇口，图 5-198 所示为薄膜浇口，图 5-199 所示为多点浇口的冷却水管分布。

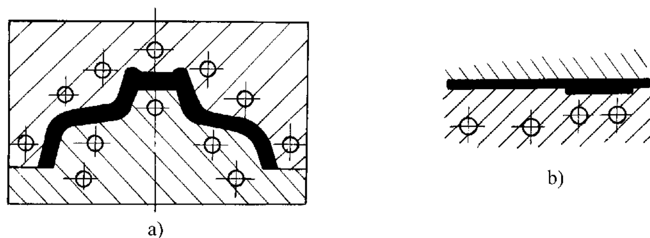


图 5-196　冷却水孔的位置

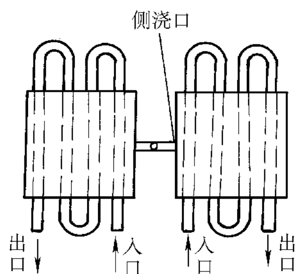


图 5-197　两个型腔侧浇口的循环冷却水路

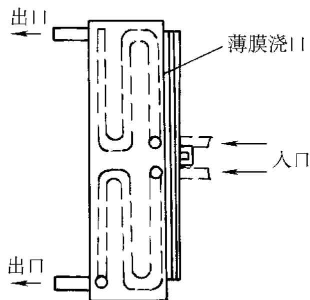


图 5-198　薄膜浇口的循环冷却水路

4）降低入水与出水的温度差。如果入水温度和出水温度差别太大时，使模具的温度分布不均，特别是对流动距离很长的大型制件，料温越流越低。为取得整个制件大致相同的冷却速度，可以改变冷却水通道排列的形式，如图 5-200 所示。对于大型塑件，型腔比较长时，图 5-200a 所示的形式会使入水与出水的温差大，塑件冷却不均匀；图 5-200b 所示的形式可使入水与出水温差小，冷却效果好。

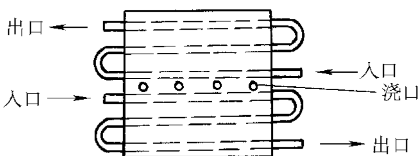


图 5-199　多点浇口的循环冷却水路

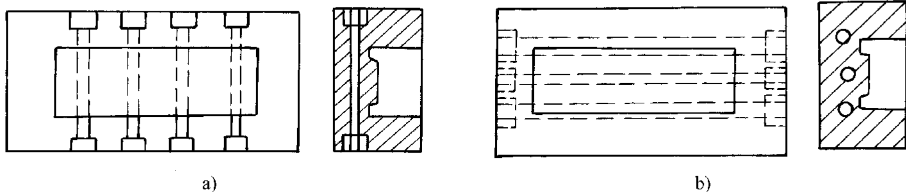


图 5-200　冷却水道排列形式

5）冷却水孔的排列形式。对于收缩大的塑料（如聚乙烯）应沿其收缩方向设冷却水通道。图 5-201 所示是四方形塑件中心浇口的情况，收缩沿放射线上和同放射线垂直的方向进行，所以应把水从中心通入，向外侧螺旋式进行热交换，最后流出模外。

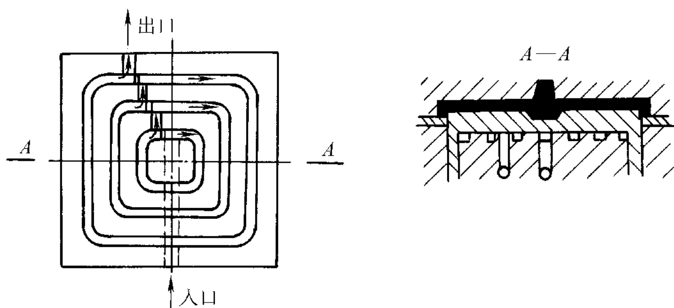


图 5-201　中心直浇口动模冷却水槽图

冷却水通道的开设应该尽可能按照型腔的形状，对于不同形状的塑件，冷却水道位置也不同。

①薄壁、扁平塑件：侧面浇口的情况如图 5-202 所示，动模和定模都是距型腔等距离钻孔。

②中等深度壳形塑件：图 5-203 所示为侧浇口的塑件，定模距型腔等距离钻孔，动模开设冷却水槽。

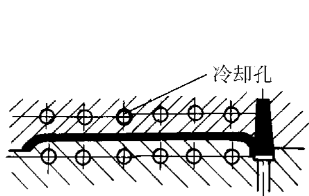


图 5-202　薄壁、浅的塑件的冷却水槽

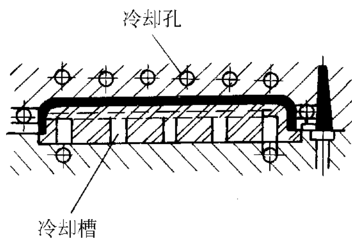


图 5-203　中等深度制件的冷却水槽

③深型腔塑件：深的塑件最困难的是型芯的冷却。对于深度浅的情况钻通孔并堵塞得到和塑件形状类似的回路，如图 5-204 所示。对于深腔的大型制件不能那样简单，应如图 5-205 所示，定模采取自浇口附近入水，在周围回转由外侧的钻孔把水导出的方式。型芯的底部如 *A*—*A* 断面所示加工出螺旋状的槽，在型芯中打出的不通孔中放入图中所示的隔板，沿着型芯的形状

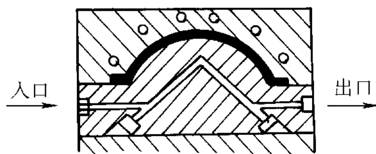


图 5-204　深腔冷却水槽

开设冷却水道。

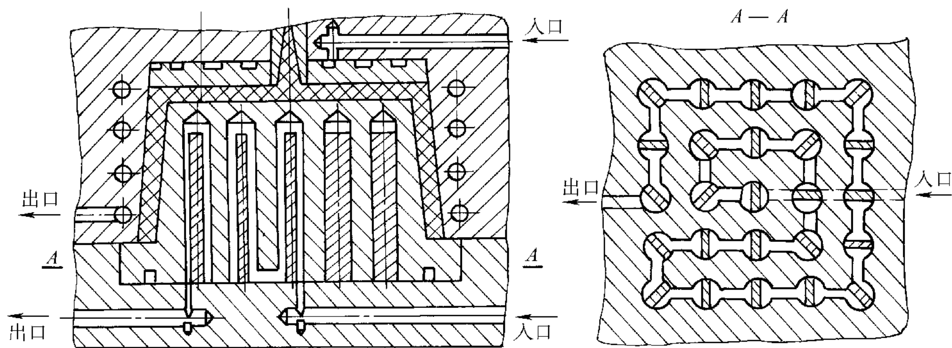


图 5-205　深腔大型制件的冷却水槽

图 5-206 所示是为了较好地对型芯进行冷却，而从型芯中心进入水，在端面（浇口处）冷却后沿型芯顺序流出模具，定模也是这样冷却。此法用于非常深的塑件冷却。

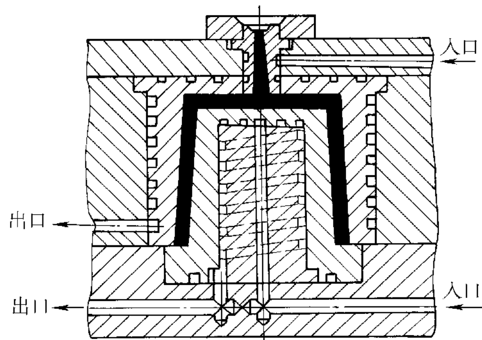


图 5-206　非常深的塑件冷却水槽

④狭窄的、薄的、小型的制件：因为型芯细，在型芯中心开不通孔，放进管子，由管中进入的水喷射到浇口附近，进行冷却，管的外侧和孔壁间的水通向出水口。图 5-207 所示是典型的例子。

当型芯非常细，不能开孔时，可以选用导热性好的铍铜合金作为型芯的材料，如图 5-208 所示。

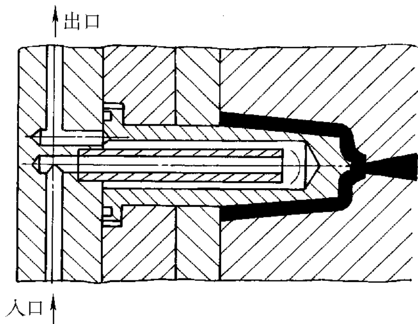


图 5-207　狭窄型芯的冷却水道

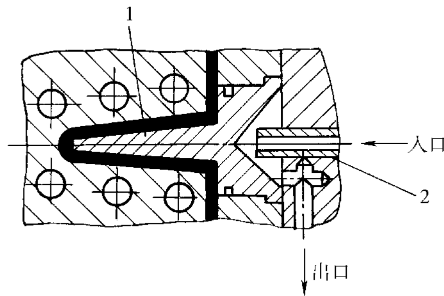


图 5-208　铍铜型芯

1—铍铜型芯　2—导管

对于壁较厚的小制件，可将铍铜芯棒一端加工成翅片状以扩大散热面积，如图 5-209 所示。

此外，冷却水通道要尽量避开塑件的熔接痕部位，以免影响塑件的强度。

6）便于加工和清理。冷却水通道要易于机械加工，便于清理，一般孔径设计为 8 ~ 12mm。

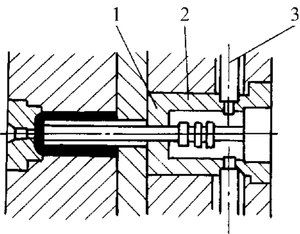


图 5-209　扩大散热面积结构
1—型芯铍铜　2—镶件铍铜　3—水管

3. 冷却参数的计算

（1）传热面积计算　如果忽略模具因空气对流、热辐射与注射机接触所散失的热量，假设塑料熔体在模内释放的热量，全部由冷却水带走，侧模具冷却时所需冷却水的体积流量可按下式计算：

$$V = \frac{Gh}{60c\rho(t_1 - t_2)} \tag{5-35}$$

式中　V——冷却水的体积流量（m^3/min）；

G——单位时间内注入模具内的塑料熔体的质量（kg/h）；

h——塑料成型时在模具内释放的比焓（J/kg）；

c——冷却水的比热熔［J/(kg·K)］；

ρ——冷却水的密度（kg/m^3）；

t_1——冷却水的出口温度（℃）；

t_2——冷却水的进口温度（℃）。

求出冷却水的体积流量 V 后，可以根据冷却水处于湍流状态下的流速 v 与通道直径 d 的关系（见表 5-14），确定模具冷却水孔的直径 d。

表 5-14　冷却水流速与水孔直径的关系

冷却水的直径 d/mm	最低流速 v/(m/s)	冷却水体积流量 V/(m^3/min)
8	1.66	5.0×10^{-3}
10	1.32	6.2×10^{-3}
12	1.10	7.4×10^{-3}
15	0.87	9.2×10^{-3}
20	0.66	12.4×10^{-3}
25	0.53	15.5×10^{-3}
30	0.44	18.7×10^{-3}

冷却水孔总传热面积 A 由下式计算：

$$A = \frac{Gh}{K(T_\omega - T_\theta)} \tag{5-36}$$

式中　A——冷却水孔总传热面积（m^2）；

G——单位时间内注入模具中的塑料质量（kg/h）；

h——塑料成型时在模内释放的比焓（J/kg）；

T_ω——模具温度（℃）；

T_θ——冷却水的平衡温度（℃）；

K——冷却介质在圆管内呈湍流状态时，冷却管道冷却孔壁与冷却介质间的传热系数（$J/m^2 \cdot h \cdot ℃$），数值由下式确定：

$$K = \frac{4187 f(\rho v)^{0.8}}{d^{0.2}} \qquad (5\text{-}37)$$

式中　f——与冷却介质温度有关的物理系数，数值由表 5-15 确定；

ρ——冷却介质的密度（kg/m^3）；

v——冷却介质的流速（m/s）；

d——冷却管道的直径（m）。

表 5-15　水温与 f 的关系

平均温度/℃	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
f	4.91	5.3	8.68	6.07	6.45	6.84	7.22	7.6	7.98	8.31	8.64	8.97	9.3	9.6	9.9	10.2

（2）冷却水孔总长度计算　由于传热面积 $A = \pi dL$，代入式（5-36），且 K 用式（5-37）表示，可得

$$L = \frac{Gh}{4187\pi\phi(\rho v d)^{0.8}(T_\omega - T_\theta)} \qquad (5\text{-}38)$$

式中　L——冷却水孔总长度（m）。

（3）冷却水孔数目的计算　设因模具尺寸之限制，每一根水孔的长度为 l，则模具内应开设水孔数由下式计算：

$$n = \frac{A}{\pi d l} \qquad (5\text{-}39)$$

（4）冷却水流动状态的校验　冷却水介质处于层流还是湍流，其冷却效果相差 10～20 倍。因此，在模具冷却系统设计完成后，尚须对冷却介质的流动状态进行校核。规定实用的雷诺数为

$$Re = \frac{vd}{\eta} \geqslant 6000 \sim 10000 \qquad (5\text{-}40)$$

式中　v——冷却水的流速（m/s）；

d——冷却水孔直径（m）；

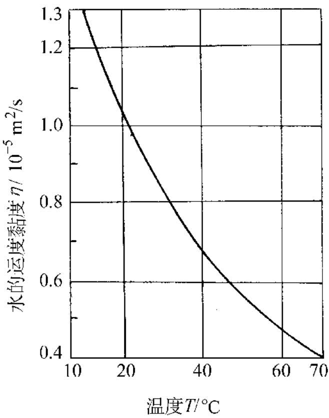


图 5-210　水的运动黏度与温度关系

η——冷却水的运动黏度（m^2/s），可按图 5-210 选取。

（5）冷却水入口与出口处温差校核　冷却水的进出口温差由下式校验

$$(t_1 - t_2) = \frac{Gh}{900\pi d^2 c\rho v} \tag{5-41}$$

5.9.3　常见的各种冷却系统结构

由于塑件的形状是各种各样的，必须根据型腔内的温度分布、浇口位置等设计不同的冷却系统。下面介绍型腔、型芯的冷却结构以及局部冷却和加热装置。

1. 型腔冷却系统结构

最常见的型腔冷却结构如图 5-211 所示，采用钻孔的方法比较容易加工，用堵头使冷却水沿指定方向流动。图 5-212 所示为型腔开设环形冷却水槽的形式，这种结构一定要很好地密封。图 5-213 所示是比较深的圆形制件型腔冷却的形式。

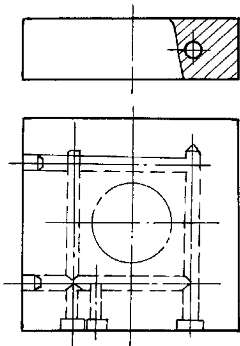


图 5-211　冷却水槽结构

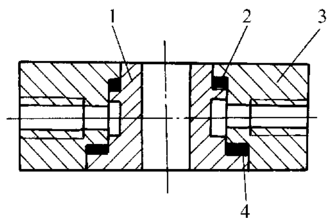


图 5-212　型腔冷却

1—型腔　2、4—密封圈　3—固定板

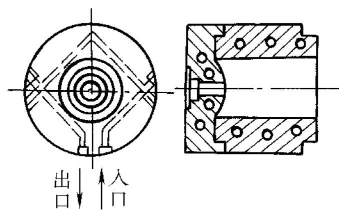


图 5-213　深腔冷却

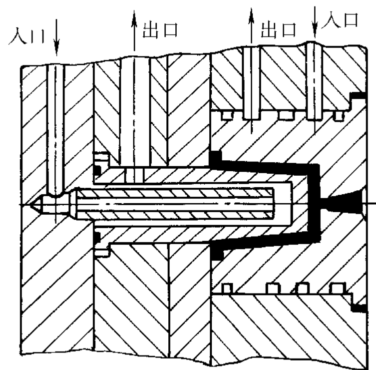


图 5-214　喷射式冷却

2. 型芯冷却系统结构

型芯的冷却结构根据塑件的深度、宽度等大小不同而异。除图 5-204 ~ 图 5-209 所示结构外，还使用喷射式循环水路或冷却水与压缩空气并用的情况。图 5-214 所示为主要冷却回路在定模型腔，沿浇口附近成环状回路，型芯为喷射式冷却。图 5-215 所示为冷却水与压缩空气并用的例子，在推出杆内设有喷射的冷却水路，压缩空气起冷却及进气作用。图 5-216 所示是为了扩大冷却型芯的上面，使用了没有冷却水通孔的特殊隔板，提高了冷却效果。

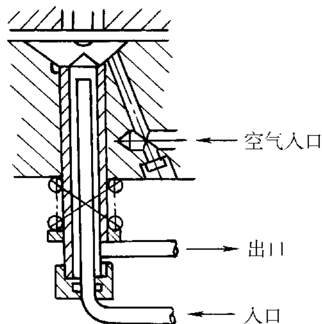


图 5-215　冷却水与压缩空气并用的结构

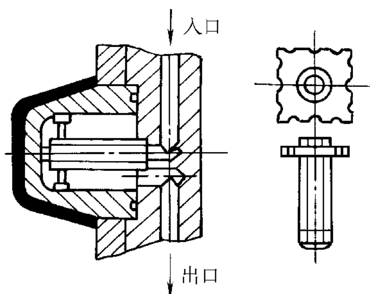


图 5-216　特殊隔板冷却型芯结构

5.9.4　加热装置的设计

当注塑成型工艺要求模具在 80℃ 以上工作时，模具中必须设置具有加热功能的温度调节系统，换句话说，就是模具中必须带有加热装置。根据热源不同，模具加热装置的种类很多，如采用各种热水、热油和蒸汽的加热装置以及各种电加热装置等。除了电加热之外，对于各种加热介质，均需要在模内开设相应的循环回路，其设计方法可以类比冷却水路。电加热装置是当前应用比较普遍的温度调节系统，它具有结构简单、温度调节范围较大和加热清洁、没有污染等优点。

1. 电加热的方式

模具中可以使用的电加热装置有两大类型，一种是电阻加热，另一种是感应加热。由于感应加热装置结构复杂，体积又大，通常很少采用。下面是三种常用的电阻加热方式：

（1）电阻丝直接加热　这种方式将事先绕制好的螺旋弹簧状电阻丝作为加热元件，外部穿套特制的绝缘瓷管后，装入模具中的加热孔道，一旦通电，便可对模具直接加热。这种方式的特点是加热结构简单、价格低廉；但电阻丝与空气接触后容易氧化损耗、使用寿命不长、耗电量也比较大，并且也不够安全，必须注意模具加热部分与其他部分的绝缘问题。

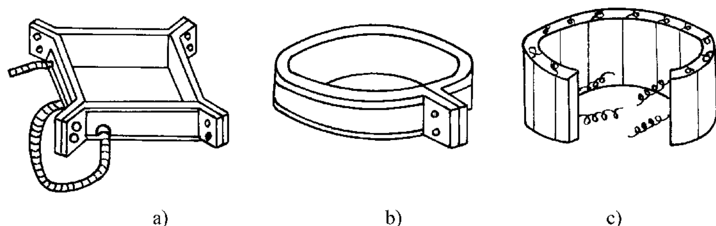


图 5-217　电热环形式
a）方形　b）圆形　c）瓷块组合式

（2）电热环加热　电热环也称为筒式加热元件，它是将电阻丝绕制在云母片上之后，再装夹进一个特制框套内而制成的。如果框套为金属材料，则框套与电阻丝之间须用云母片绝缘。图 5-217 所示是三种电热环的形状示例，使用时可以根据模具加热部位的形状进行选用。如果模具中不便使用电热环，也可以采用平板框套构成的电热板。

电热环式加热的特点是框架结构简单，制造容易，使用和更换也比较方便，必要时也可按照模具加热部分的形状进行制造；它的缺点是耗电量较大。

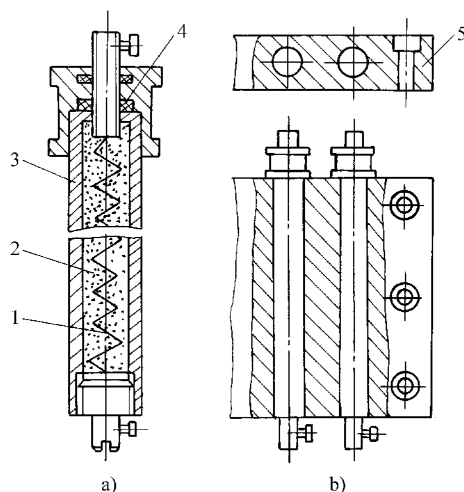


图 5-218　电热棒及其安装
a）电热棒　b）电热棒的安装
1—电阻丝　2—耐热填料（硅砂或氧化镁）
3—金属密封管　4—耐热绝缘垫片
（云母或石棉）　5—加热板

（3）电热棒加热　如图 5-218 所示，电热棒是一种标准加热元件，它由具有一定功率的电阻丝和带有耐热绝缘材料的金属密封管构成（见图 5-218a）。使用时，只要将其插入模具或加热板中的加热孔内进行通电即可。电热棒式加热的特点是使用和安装方便；但是开设加热孔时，受型芯、成型镶块和推出脱模零件安装位置限制。

2. 电加热装置的功率计算

（1）计算法　电加热装置加热模具需用的总功率可用下式计算：

$$P = \frac{mc_p(\theta_2 - \theta_1)}{3600\eta t} \qquad (5\text{-}42)$$

式中　P——加热模具需用的电功率（kW）；

m——模具的质量（kg）；

c_p——模具材料的比热容［kJ/(kg·K)］；

θ_1——模具的初始温度（℃）；

θ_2——模具要求的加热温度（℃）；

η——加热元件的效率，约为 0.3～0.5；

t——加热时间（h）。

（2）经验法　计算模具电加热装置所需的总功率是一项很复杂的工作，事先必须对模具进行准确的热分析和热计算。因此，式（5-42）实质上也是一种比较粗略的概算方法。生产中为了方便起见，也可以根据加热方式和模具的大小，采用下面经验数据计算单位质量模具的电加热功率 P_u：

1）电热环加热。小型模具：$P_u = 40\text{W/kg}$；大型模具 $P_u = 60\text{W/kg}$。

2）电热棒加热。小型模具（40kg 以下）：$P_u = 35\text{W/kg}$；中型模具（40～100kg）；$P_u = 30\text{W/kg}$；大型模具（100kg 以上）：$P_u = 20～20\text{W/kg}$。

3. 电加热装置的设计要求

设计电阻式电加热装置时，除了设计加热元件之外，模具中加热孔道的布排、电热环的安装部位和电气控制系统也非常重要。通常均要求能在模具中合理地开设加热孔道、合理地选择电热环的安装部位及其形状，以便能使模具温度保持均匀一致。对于电气控制系统，均要求系统能够准确地控制和调节加热功率及加热温度，防止因功率不够达不到模温要求，或因功率过大超过模温要求。

第 6 章　特种注塑模

无流道凝料注塑、反应注塑和气体辅助注塑等工艺，对于热固性塑料、橡胶、泡沫塑料等材料，都有对应的专门结构的注塑模。在了解注射的制件、材料、工艺和设备的基础上，不难掌握这些特种注塑模的设计。

6.1　热流道注塑模

前面介绍的浇注系统是一般注塑模常用的，具有各部分的典型结构及作用，故亦称普通浇注系统。这类浇注系统的特点是塑件脱模后有浇注系统凝料连接在塑件上，要用人工或机械的方法另行切除（点浇口与潜伏浇口可自动切除），降低了生产率。切除下来的浇注系统凝料需再作繁琐的处理（粉碎、染色、造粒）后才能回用，且加入过多的浇注系统回收料会明显降低塑件质量。因此，如何减少浇注系统凝料或无浇注系统凝料便成为浇注系统改进、革新和发展的重要方向。目前已出现了多种形式的热流道浇注系统。这类浇注系统在塑件脱模后只有塑件本身而无浇注系统凝料，故这类浇注系统亦称无流道浇注系统。实际上仍有流道，只是无疑料而已。

这种浇注系统的主要原理是在每次注射完毕后浇注系统中的塑料不凝固，塑件脱模时就不必同时将浇注系统脱出。由于浇注系统中的塑料没有凝固，在下一次注射时浇注系统通道仍然畅通，熔融塑料继续注入型腔。

热流道注塑模是无流道凝料注塑模中常见的一种。因此，下面先介绍无流道凝料注塑模的特征。

6.1.1　无流道凝料注塑成型

浇注系统凝料的存在不仅浪费原材料和增加注塑机的能耗，而且也增加了流道赘物处理工序。采用无流道凝料的注塑成型方法，可降低生产总成本。

1. 无流道凝料注塑

热塑性塑料的无流道凝料注塑成型，是对模具的浇注系统采用绝热或加热方法，使其塑料熔体始终保持熔融状态，从而避免产生浇注系统凝料。热塑性塑料无流道注塑成型模具分为绝热流道注塑模和热流道注塑模两大类。热固性塑料的无流道凝料注塑成型与热塑性塑料成型相仿，也是使浇注系统塑料熔体不固化，维持可流动状态。热固性塑料的无流道凝料注塑主要是温流道注塑模。

无流道注塑成型由于在注塑中无需取流道凝料，结构均为二板模，所需开模

行程较一般模具短，也无需固化和取出流道凝料的时间，缩短了注射周期。这种成型方法也较容易实现自动化生产。但是无流道注塑成型存在对塑料品种的适用问题，具有下述性能的塑料较适合此种成型方法：

1）熔融温度范围宽，黏度变化小，热稳定性好。即使在较低温度下也有较好的流动性，不固化；在较高温度下，不流延，不分解。熔体能较容易进行温度控制。

2）熔体黏度对压力敏感，在低温低压下也能有效控制流动。

3）物料的热变形温度高，固化快。

4）塑料的比热容低，易于熔化和固化。

因此，采用无流道成型最多的是聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯和 ABS。低黏度聚酰胺和高黏度聚碳酸酯就较为困难。热稳定性差的聚甲醛和聚氯乙烯也很少有成功的例子。

无流道注塑成型是项综合性强、难度较高的技术。长期稳定地投产涉及模具设计和制造水平、严格的注射工艺规范、热工仪表的自动控制可靠等多方面因素。以下几个原因使目前尚不能普遍采用无流道注塑成型：

1）模具设计、制造和维护要有较高技术。无流道注塑模不同于一般注塑模，既要保证流道和浇口的绝热和加热，又有塑料件的冷却问题。流道和型腔各位置的压力和温度控制不当，就会影响连续生产。

2）在成型生产前需很长的调试时间。

3）模具成本高，不适合小批量生产。

4）不适用某些塑料品种和注塑周期长的塑料件。

2. 绝热流道注塑模

绝热流道注塑模的流道截面相当粗大。流道壁面附近的塑料冷凝成一个完全或半熔化的固化层。塑料的导热性差，以致流道中心部位塑料在连续注塑时保持熔融状态。由于不进行流道的辅助加热，其中的塑料容易固化。要求注塑成型周期短，并仅限于聚乙烯和聚丙烯的小型制件。当注塑机停止生产时，要清除凝料才能再次开机。

（1）井坑式喷嘴　井坑式喷嘴又称绝热主流道，是一种结构最简单、单型腔的绝热流道注塑模。它仅适合注射周期小于 20s 的制件。

井坑式喷嘴结构见图 6-1。在注塑机喷嘴头部和浇口之间，设置了一个主流道杯。杯内有一个截面较大的锥形贮料井，容积约取制件体积的 0.3 ~ 0.5 倍。井壁四周塑料皮层为绝热层，使中部熔体在压力下注入型腔。图 6-1a 中主流道杯与定模板之间的空气隙，也起绝热层作用。

注塑机的喷嘴工作时伸进主流道杯中，两者应很好地贴合。贮料井直径不能太大，要防止熔体反压使喷嘴后退产生漏料。图 6-1b 所示是一种浮动式主流道杯。弹簧使流道杯压在喷嘴上又可随其后退，保证贮料井中的塑料得到喷嘴的供热。

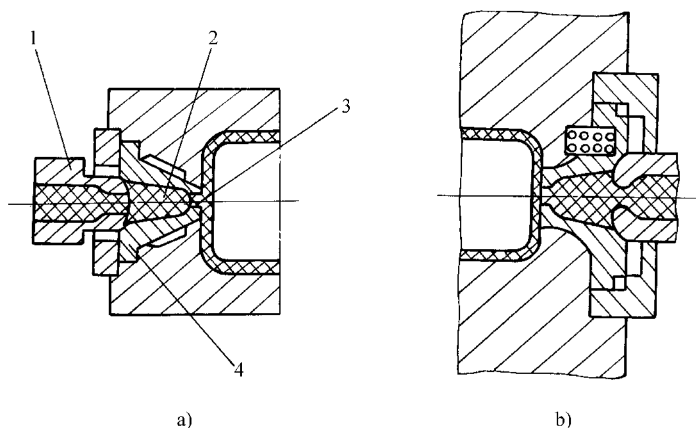


图 6-1 井坑式喷嘴

1—注塑机喷嘴 2—贮料井 3—点浇口 4—主流道杯

（2）多型腔绝热流道注塑模　其分流道为圆截面，直径常取 16～32mm。成型周期越长，直径越大。在分流道板与动模板之间设置气隙，也减小了接触面，如图 6-2 所示。在停车后流道内塑料全部凝结。应在分流道的中心线上设置能启闭的分型面，以便下次注塑时彻底清理流道凝料。流道转弯和交会处都应该是圆滑过渡，可减小流动阻力。

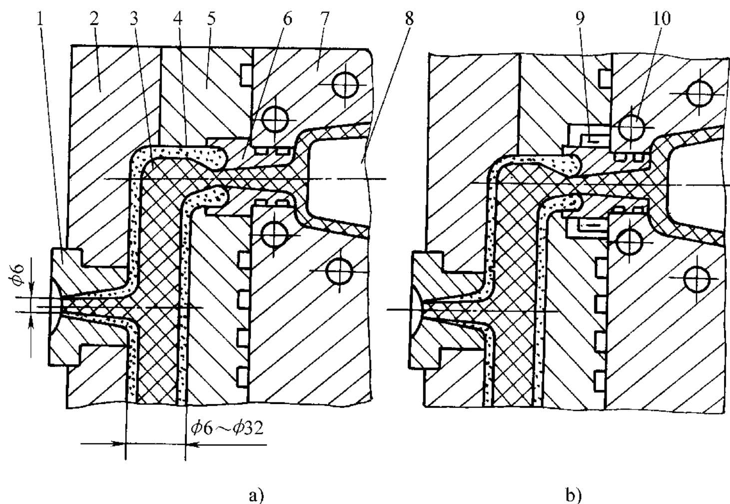


图 6-2 主流道式浇口多腔热流道注塑模

1—主流道衬套 2—热流道板 3—分流道 4—固化绝热层 5—分流道板
6—直接浇口衬套 7—动模 8—型芯 9—加热圈 10—冷却水管

图 6-2 所示是主流道式直接浇口的多腔绝热流道注塑模。如图 6-2a 所示，浇口的始端突入分流道中，使部分直浇口处于分流道的绝热皮层的保温之下。如图 6-2b 所示，直接浇口衬套四周增设了加热圈，浇口衬套与动模之间都有气隙绝热。主流道式浇口的塑料制件脱模后，带有一小段浇口凝料。如果成型周期长，则可在浇口中央插入棒状加热器，需要时通电加热。

3. 半绝热流道注塑模

采用绝热分流道时，为了避免浇口在注射动作间歇时凝结，可采用半绝热流道注塑模。其结构与绝热流道注塑模相似，只是浇口始端和分流道之间加设加热探针。并使该探针尖端伸到点浇口中心（见图 6-3）。这就可以使浇口附近的熔融塑料加热，不发生固化，如设计合理，可将注射间隙时间延长到 2～3min。由于分流道主体不加热，需设置分流道分型面，模具流道部分的温度（见图 6-3a 中 *A* 段）应高于型腔部分的温度（见图 6-3a 中 *B* 段）。三角形的翼片可改善其对中性，但翼片与流道壁之间应采取绝热措施，以提高热效率（见图 6-3b 探针放大图）。对多型腔模具，应设置相应数量的探针和加热系统，以保证各浇口处的塑料熔体既不凝结也不因温度过高而流延。

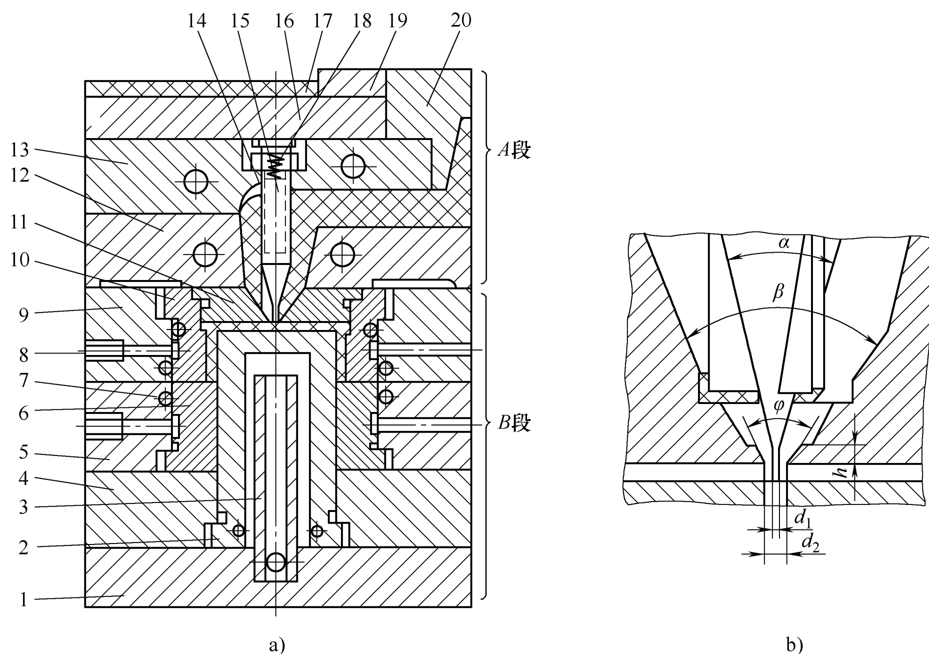


图 6-3　带加热探针的半绝热流道注塑模

1—支承板　2—型芯　3—型芯冷却水管　4—动模板　5—推件板　6—动模镶件
7—密封环　8—型腔冷却水管　9—定模板　10—凹模镶件　11—浇口衬套
12—流道板温度控制管　13—流道板　14—加热探针体　15—加热器
16—定模座板　17—绝热层　18—碟形弹簧　19—定位圈　20—主流道衬套

6.1.2 热流道注塑模设计

设置加热器使浇注系统内塑料保持熔融状态的热流道注塑模，由于能有效维护流道温度恒定，使流道中的压力能良好传递，压力损失小。这样可适当降低注射温度和压力，减小了塑料制件内残余应力。比起绝热流道注塑模，它所适用的塑料品种较广，也适用于多个点浇口的较大制件。但是，由于热流道模具同时具有加热、测温、绝热和冷却等装置，模具结构更复杂，厚度增加且成本更高。热流道模具对温度控制精度要求高，防止热平衡失调是个难题。在生产中不允许塑料中有异物将点浇口堵死。

1. 延伸式喷嘴

延伸式喷嘴的注塑模是热流道的单型腔模。它适用于能采用点浇口的各种塑料和单个点浇口的塑料制件。

图 6-4 所示为各种延伸式喷嘴，它们有共同的特点。首先，喷嘴本身用电热圈加热，应有温度测量和单独的调温系统。通常要求喷嘴温度稍高于机筒温度 5 ~ 20℃。其次，高温的喷嘴邻接或直接成型塑料件，故须对模具绝热以免

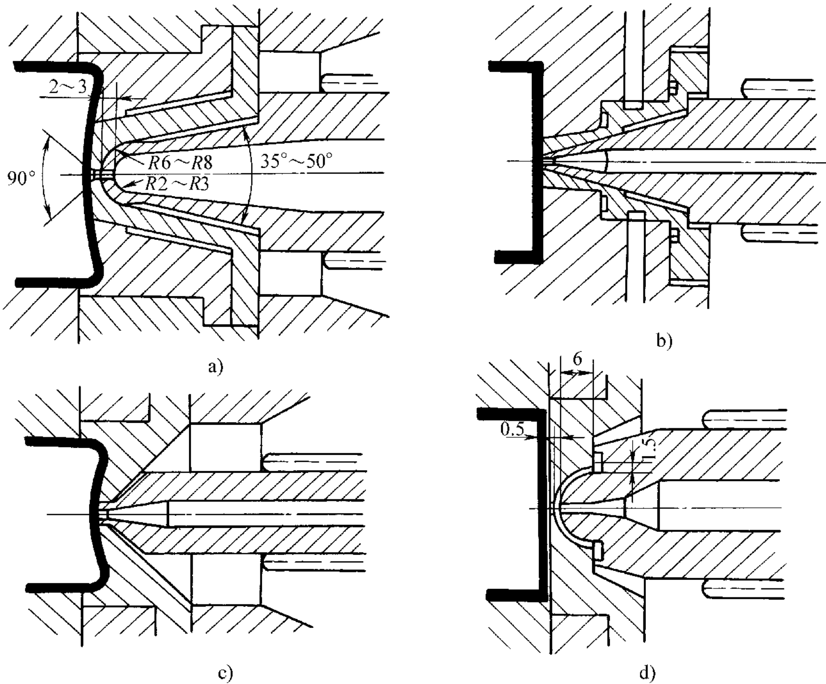


图 6-4 延伸式喷嘴

a）球形喷嘴 b）锥形喷嘴 c）成型喷嘴 d）绝热喷嘴

妨碍塑料件的固化，并在注射保压后喷嘴脱离模具。尽量减小喷嘴与模具的接触面积，常用气隙和塑料皮层绝热。再次，喷嘴的口径实为型腔的浇口，是直径大致为 0.8 ~1.2mm 的点浇口。喷嘴通常是为模具专门设计的，并用优质淬火钢制造。

图 6-4a 所示为球形喷嘴伸入模具的点浇口套。浇口处型腔壁厚达 1.6mm，呈倒锥出口。为防止该处在喷嘴冲撞下强度不足，喷嘴有凸肩定位并承受大部分压力。为增大绝热效果，在喷嘴与浇口套之间增设形成内外气隙的衬套。图 6-4b 所示为锥形喷嘴，前端具有较大锥度，并带有气隙槽。为防止热膨胀咬合，喷嘴必须有承压台肩。该喷嘴端面是型腔的一部分。由于它更能伸入模内，所以可加中间衬套，开割气隙槽并引入冷却水。图 6-4c 的成型喷嘴前端是制件外形的一部分，会留下明显痕迹。此成型面积以小为好，以加快塑料件的冷却。成型面有平面，也有凹或凸的曲面。图 6-4c 所示喷嘴必须对注射座定位，承受其驱动液压缸的压力。喷嘴也可用其凸肩在模具上定位，以控制成型部分壁厚尺寸。喷嘴前端与模具孔的配合须考虑热膨胀，又要防止出现飞边。图 6-4d 所示为绝热喷嘴。它以球形的喷嘴头配以碗形的塑料绝热皮层。其厚度从中心 0.4 ~0.5mm，增加到外侧 1.2 ~1.5mm。在承压凸肩上嵌以四氟乙烯密封垫。也可不使用密封垫，改用倒锥承压有助于喷嘴与浇口杯的同心。同样需注意模具浇口杯底部的强度和刚度。喷嘴和模具设计应根据塑料性能和塑料件形状、尺寸进行分析计算，图示尺寸仅供参考。

2. 热流道主浇口

上述延伸式喷嘴需专门设计制造，要替换原注塑机上喷嘴，生产和管理有诸多不便。现热流道喷嘴已经系列化和标准化，有专业厂生产。给注塑模主流道加热的热流道喷嘴，称热流道主浇口，如图 6-5 所示。热流道主浇口安装在定模内，并有与注塑机定模板上定位孔相配的定位圈。它的结构如图 6-6 所示，热流道主浇口替代原注塑模的主流道杯，有个与注塑机喷嘴球头相配的凹坑，其半径大于凸球头，而且主流道直径须大于注塑机喷嘴直径约 1mm。鱼雷状的分流梭是可供熔料通过的导热零件，以保证喷嘴前端的温度。喷嘴头是标准化系列化的零件，有各种口径，有平端或凸起球头等结构，均可选用并置换。在热流道主浇口下游，可以是单型腔的成型塑料件，也可以是多型腔的流道板，如图 6-7 所示。图 6-7 中热流道浇口应用在双分型面的有流道推板的注塑模上，还有应用在多型腔的热流道注塑模上的，如图 6-8 所示。

3. 热流道注塑模结构

这类模具结构形式多，使用最广。图 6-8 是热流道注塑模的系统安装图。在上游有热流道主浇口，是被加热的主流道，而且具有一块由加热器供热的流道板，设有分流道和多个分浇口喷嘴。被注塑成型的可以是一模多腔塑料件，也可

以是多浇口的大型注塑件。注塑大型周转箱、轿车保险杠等长流程比的塑料件，加热熔融的流道物料有利于压力的传递，更需要无流道凝料的注射。图 6-9 所示是典型大型周转箱热流道注塑模，它有 6 个分浇口喷嘴。主流道较短，没有加热。四侧滑块由 8 根斜导柱和两组斜置液压缸驱动，来实现侧抽动作。滑块由定模和动模双重斜楔锁紧。

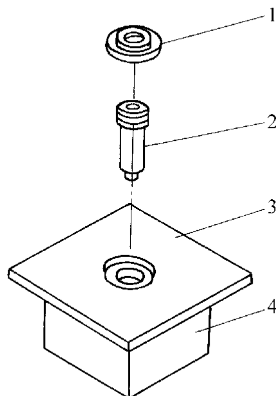


图 6-5　热流道主浇口的应用

1—定位圈　2—热流道主浇口喷嘴

3—定模固定板　4—定模座板

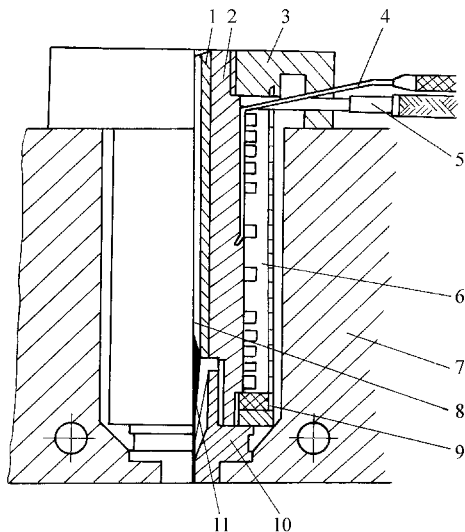


图 6-6　热流道主浇口的结构

1—衬套　2—芯体　3—定位圈　4—热电偶

5—电加热圈　6—隔热罩　7—定模　8—主流道

9—绝热垫　10—喷嘴头　11—分流梭

4. 阀式热流道喷嘴

用一根可启闭的针形阀芯置于喷嘴中使浇口成为阀门，在注射保压阶段开启，在冷却阶段关闭。这种浇口的口径比可增大些，能避免异物的堵塞，也没有小浇口凝结迟早的问题，更可防止浇口熔体的拉丝和流延，因此，适用于各种黏度，特别是低黏度的塑料。

用熔体压力驱动的针芯阀，依靠注射压力传递到针阀芯前端，克服弹簧力而打开浇口，但由于可靠性差，使用不多。工作可靠并已商品化的是液压驱动的阀式热流道喷嘴，其结构见图 6-10。阀芯即为驱动液压缸的活塞杆。它直接利用注塑机上液压油和程序控制信号对针芯阀进行开闭。图 6-11 所示是多个液压缸控制的阀式热流道喷嘴，用于分浇口，主流道采用加热喷嘴。另一种由液压马达驱动的齿轮齿条传动，控制针阀芯的热流道喷嘴，见图 6-12。它用于主流道喷嘴的针阀控制。此种机械传动也能同时驱动几个针芯阀的启闭。

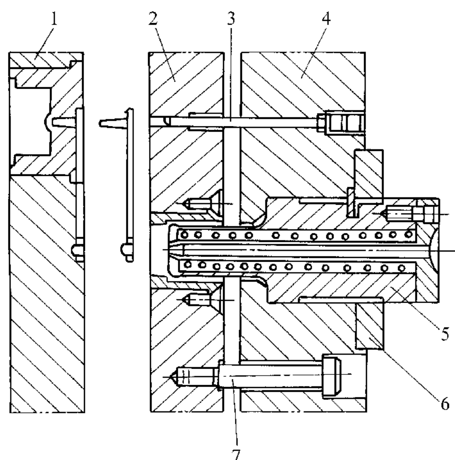


图 6-7　热流道主浇口用于多型腔的双分型面的注塑模

1—型腔板　2—流道推板　3—分流道拉杆销　4—定模座板　5—热流道主浇口　6—定位圈　7—限位螺钉

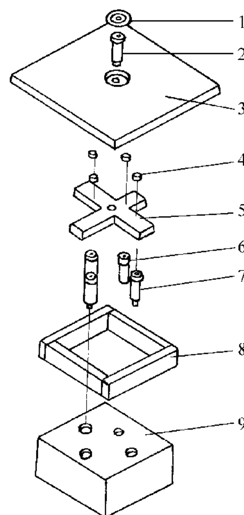


图 6-8　热流道注塑模安装

1—定位圈　2—热流道主浇口　3—定模固定板　4—隔热垫块　5—热流道板　6—密封圈　7—分浇口喷嘴　8—垫块　9—定模座板

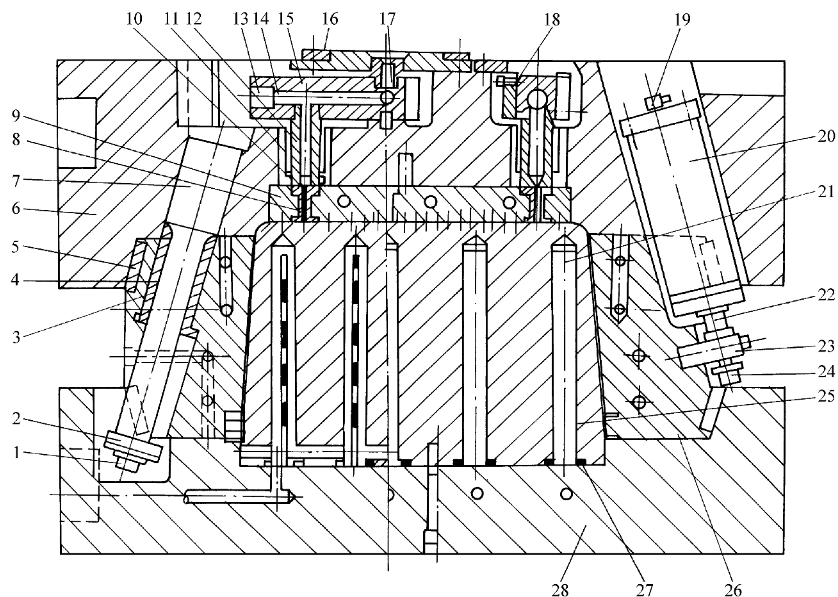


图 6-9　大型周转箱的热流道注塑模

1、24—螺钉　2—垫圈　3—长滑块　4—导套　5—斜楔垫块　6—定模座板　7—斜导柱　8—分浇口套　9—型板　10—热电偶　11—加热圈　12—分浇口喷嘴　13—螺塞　14—堵头　15—热流道板　16—定位圈　17—主流道套　18—加热板　19—油管接头　20—液压缸组件　21—隔水片　22—液压缸轴　23—连接板　25—型芯　26—短滑块　27—密封圈　28—动模座板（图中导柱导套略）

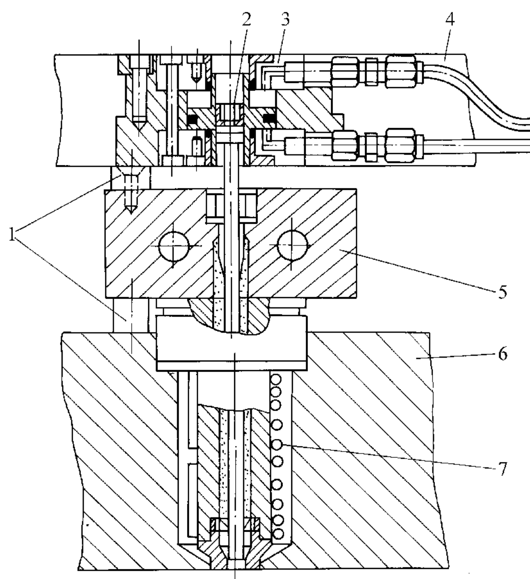


图 6-10 液压缸驱动的阀式热流道喷嘴

1—支撑块 2—阀芯（活塞杆） 3—液压缸 4—定模固定板
5—热流道板 6—定模座板 7—加热线圈或加热带

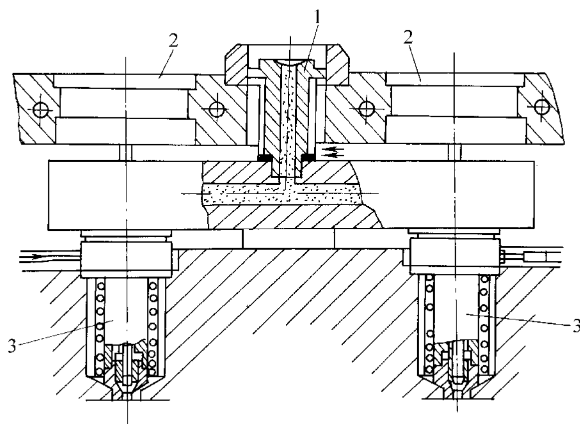


图 6-11 液压阀式热流道的应用

1—热流道主浇口 2—驱动液压缸 3—液压阀式热流道分浇口

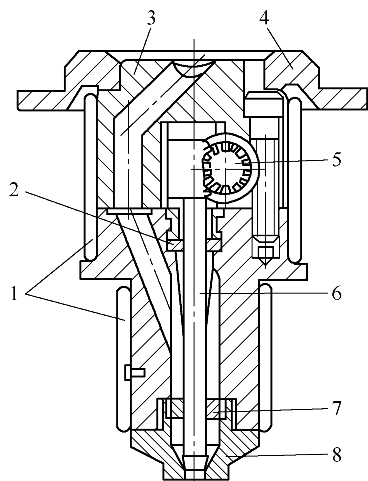


图 6-12　液压马达驱动的阀式热流道喷嘴

1—加热带　2—密封套　3—喷嘴体　4—定位圈

5—齿轮轴　6—齿条针阀芯　7—导向环　8—喷嘴头

6.2　热固性塑料注塑模

热固性塑料可用于注塑的种类有酚醛塑料、氨基塑料、不饱和聚酯、DAP 塑料、环氧树脂、有机硅、聚酰亚胺和聚丁二烯等。它们都是塑料工业的重要材料。与热塑性塑料相比，它们通常有优良的耐热和阻燃性、耐化学性、抗蠕变等性能，且价格低廉。曾长期采用传统的压缩成型和压注成型方法制造热固性塑料产品，手工操作繁重，成型周期又长。用先进的注塑成型方法可成倍地提高生产效率。今后，大部分热固性塑料制件将用注塑成型方法生产。

6.2.1　注塑工艺特点

热固性塑料注塑成型是一项新技术。其成型模具的设计与注塑工艺、注塑物料和注塑设备密切相关。

1. 工艺特点

热固性塑料注射有别于热塑性塑料。热固性塑料的注射料加入机筒，通过螺杆旋转产生剪切热和机筒的外加热，使之在较低温度（约 55 ~ 105℃）下熔融。然后在高压下将稠胶状的物料注入模具，在 150 ~ 200℃ 高温作用下，进行化学交联反应，经保压后固化成型。最后开模顶出取得成型制件。

（1）热固性注塑料　热固性塑料注射料应经改性后制成粒子、粉状或液态等供应。大多以粒子供应，仅环氧注塑料是液态的。对热固性塑料的注射料有下

列要求：

1）合适的流动性。热固性注塑料的拉西格流动性一般大于200mm。相对分子质量在1000以内的线型分子或具有少量支链型的分子，其流动性最好。木粉作填料的注塑料流动性最好，无机填料的流动性较差，玻璃纤维和纺织填料的塑料流动性最差。添加润滑剂可提高流动性，过多固化剂会降低流动性。

2）塑化温度范围宽。一般要求物料在70～90℃能够塑化，具有一定流动性，并要求在注塑机的机筒中存留15～30min，具有热稳定性。添加稳定剂可在较低温度下阻止交联固化。这对温流道注射模成型尤其重要。

3）高温下能快速固化。固化速度快能缩短成型周期，提高生产效率，但过快固化会造成局部型腔特别是细小部位充填不满。

4）收缩率要小。比起热固性塑料的压缩和压注成型，注塑料的收缩率最大，因为成型中受到压力最小，且模具温度高，脱模后冷却至室温又再次收缩。另外热固性注塑料的收缩率与填料的种类和含量有关。木粉等有机填料会使收缩率大增。矿物填料，特别是玻璃纤维充填的注塑料收缩率较小。过大收缩率使制件尺寸变化大，又易产生变形翘曲。模具设计收缩率仍以模具和制件在室温条件下的尺寸计算。由于该收缩率与注塑料品种和配方关系很大，通常又含有40%以上填料，收缩率应由生产厂的注塑料说明书或试验确定。

（2）热固性塑料注塑机　热固性塑料注射应该用专门的注塑机。这种注塑机与常用的热塑性塑料注塑机主要有两方面的区别：

1）机筒加热方式。热固性塑料的塑化热量主要来源是螺杆旋转的剪切热。机筒的外加热主要起预热作用，并对机筒温度进行调节。单一的电热方式易使物料过热固化，因此，常用水或油加热机筒，也有电加热水结构的机筒。另一种是油电加热机筒，电热仅用于预热，塑化时调节油温来控制机筒温度，所以机筒温度控制精度较高。

2）塑化螺杆的压缩比。压缩比由对热塑性注塑料的（2～3.5）:1减小至1:1；长径比由（15～20）:1减小为（12～15）:1，从而减小对物料的剪切和摩擦作用。

（3）注塑工艺

1）工艺要点。热固性塑料注塑过程中，物料在机筒中处于黏度最低的熔融状态。塑料熔体的黏度及其流动阻力与填料品种、比例和形状尺寸关系很大，需有相适应的注射压力。必须综合考虑摩擦热的因素。一般采用较高注射速度，以获得较高的摩擦热，有利于固化。热固性塑料在模具中进行固化反应，会产生缩合水和低分子挥发物。模具型腔必须设有畅通的排气系统，否则会在塑料件表面留下气泡和残缺。固化成型时间按最大壁厚计算，一般为8～12s/mm，快速固化的注塑料为5～7s/mm。

2）存在的问题。目前热固性塑料注射品种已有一百多种，但国内生产品种尚少，还需提高材料性能。热固性塑料中的填料，如玻璃纤维在螺杆剪切作用中会受损，而布屑、纸片等大颗粒填料难以进料。不但物料的流动性差，而且对螺杆和模具等磨损作用大，又使注塑件取向较严重，产品易翘曲变形。塑料件中嵌件的安放受成型速度等限制，不能过多和过慢。应看到热固性注射的设备和模具费用比其他加工工艺方法高几倍，而且耗能也大，单模具加热就占耗能 1/4。最突出的问题是浇注系统凝料只能作废料处理，尤其是一模多腔小制件浪费率达 15% ~25%，甚至更高，故采用无浇注系统凝料的流道模具有重大意义。这种模具称为热固性塑料的温流道注塑模。此种温流道注射要使流道内物料始终保持熔融状态，为此对模具的温流道部分单独设置一个低温区，温度大致在 105 ~110℃范围。此温流道板用热水或热油循环保温，而型腔部分是高温区。

2. 模内流动和固化

热塑性塑料熔体充模时模壁温度低于熔体温度，使靠近模壁处的熔体迅速冷却生成冻结皮层。靠近冻结层处熔体黏度高于中心层，流速沿断面呈抛物线分布，如图 6-13a 所示。热固性塑料熔体充模时，模壁温度高于熔体温度，不会产生冻结层。接触模壁处熔体因受到加热反而使黏度降低。除紧邻模壁薄层因摩擦阻力流速较低外，整个断面流速分布相近，形成“活塞流”，如图 6-13b 所示。

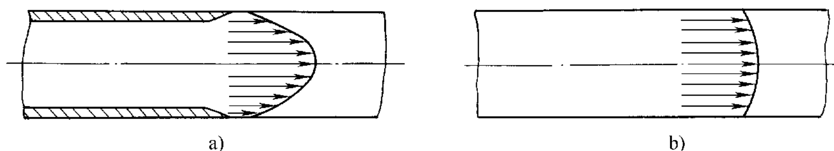


图 6-13　熔体充模流速分布比较
a）热塑性塑料　b）热固性塑料

热固性塑料熔体的充模流速分布特性，与粉状料压制成型相比，型腔中充模终止时的塑料熔体温度均匀一致，没有明显的内外层，固化程度不易区别。因此，注射充模塑料件在整个断面上有较均匀一致的力学和电绝缘性能。但是这种充模流动，在模具高温模壁外的流速很高，对模壁产生很大摩擦、磨损。特别是在流道和型腔的狭窄通道处，壁面磨损更甚。

热固性塑料充模后固化交联成三维网状结构，不会出现大分子链的取向，也很少产生熔体破裂现象。但是纤维状的填料在充模流动中会出现流动取向，使制件在流动方向的力学性能和收缩率高于垂直流动方向。

热固性塑料熔体在充模过程中，近模壁处的流速高且速度梯度大，与型腔面的传热系数高，又会产生不容忽视的摩擦热。这使充模熔体很快达到固化温度。

与其他成型方法比较，同样厚度制件固化反应时间最短；若制件较厚，固化时间缩短更明显。这使模具温度控制较为困难。模温偏低会延长固化周期，或使固化不完全，致使塑料件性能下降。倘若模温偏高，低黏度熔体会到处钻模形成飞边。靠近模壁的熔体黏度迅速越过最低点而过早固化，会使塑料件表层发暗出现流痕和粘模。局部熔体过早固化，还会使塑料件某些部分缺料。模内熔体受热时，一方面由于分子链活动性增大使黏度降低；但另一方面因固化反应而使黏度大增。图 6-14 所示是两个相反的综合影响结果。

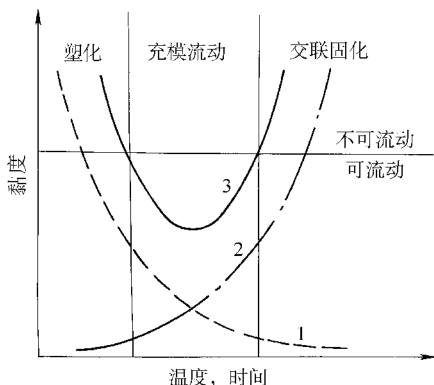


图 6-14　热固性塑料黏度与加热温度、时间的关系
1—物料黏度的物理变化　2—化学交联使黏度增加
3—热固性塑料综合黏度曲线

综上所述，热固性塑料注塑模具的总体结构设计时必须考虑如下特点：

1）制件尚未固化前树脂黏度比热塑性塑料低，对于 0. 01 ~ 0. 02mm 缝隙也会溢出。

2）制件成型后硬而脆。其分型面上的飞边和钻入缝隙的溢料使清理困难。易破碎的小片会磨损模具表面。

3）热固性塑料的摩擦因数和收缩率较小。塑料件对型芯包紧力较小，开模时易滞留在型腔的一侧。

4）塑料熔体对模具成型表面有较严重的磨蚀磨损。

5）模具工作温度远高于室温，使室温下的装配间隙很难控制。室温下过小间隙会使工作时的运动零件产生咬死和拉毛现象。

6. 2. 2　模具设计要点

许多重要设计步骤，如模具的强度和刚度计算等，与热塑性塑料注塑模相同或相似，这里从简。

1. 模具设计过程

图 6-15 所示是一模八腔的酚醛塑料注塑模。因制件太小和飞边过多，如采用压制模生产则效率太低，现用单分型面的结构和侧浇口。因为过细的流道容易被推出杆推破并破裂，浇注系统的用料只能多些。

（1）型腔数目确定　应以保证足够大的锁模力，防止分型面上出现飞边来确定型腔数。型腔数目为

$$n=\frac{1}{A}\left(\frac{(0.6\sim0.8)\ F}{p_c}-A'\right) \tag{6-1}$$

式中　n——由锁模力决定的型腔数；

F——注塑机的锁模力（N）；

p_c——型腔内塑料熔体的压力（MPa）；

A'——流道和浇口在分型面上的投影面积（mm^2）；

A——每个制件在分型面上的投影面积（mm^2）。

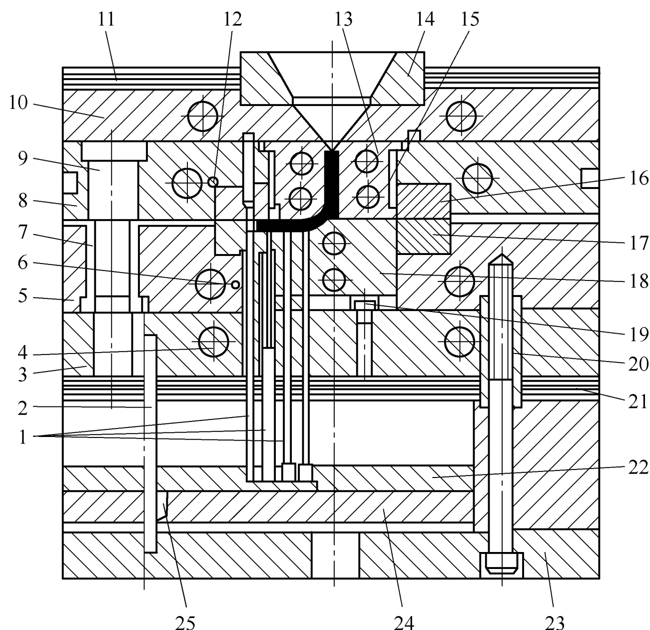


图 6-15　一模八腔酚醛塑料注塑模

1—推出杆　2、9—导柱　3—动模支撑板　4—加热器　5—动模板　6、12—热电偶　7、25—导套　8—定模板　10—定模座板　11、21—绝热板　13、18—加热块　14—定位圈　15—绝热空气隙　16—定模镶件　17—动模镶件　19—支撑销　20—定位套筒　22—推出固定板　23—动模座板　24—推出板

根据经验，酚醛塑料成型时型腔压力 p_c 为 30～40MPa，氨基塑料 p_c 为 40～60MPa，不饱和聚酯 p_c 为 10～20MPa。

还需校核塑料熔体在机筒中的存留时间 t_b，使 t_b 不得超过熔体状态的维持时间。目前，该允许维持时间 $[t_b]=4\sim6$min，即

$$t_b=\frac{m_b}{m_g}t<[t_b] \tag{6-2}$$

式中　t_b——熔体在机筒中的存留时间（min）；

t——注塑成型周期（min）；

m_b——塑料在机筒中（包括螺杆槽中）的存料总量（g）；

m_g——每次注射用量（g）。

因此，每次实际注射量 m_g 为注射后机筒中存料 m_b 的0.7～0.8倍较为合适。倘若注射量 m_g 过少，会造成塑料件上有过早固化硬块，甚至必须经常对空喷射，以防止塑料在机筒中固化。

（2）嵌件和安装　热固性塑料制件中若要安放嵌件，首先要防止熔体钻料，其次要求安装快速。因此，通常在模外将嵌件装在嵌件杆或嵌件套上，然后整体装入。

防止钻料方法，其一是采用台肩式嵌件杆，如图6-16a所示。该台肩有时也制成锥面并与圆柱组合，如图6-16b所示。金属嵌件旋入嵌件杆后置于模内，还要防止嵌件杆与嵌件接触端面间被钻料。其二是提高嵌件杆和模具上插孔的配合精度，它们之间单边间隙在0.01～0.02mm之间。应先加上孔，然后配磨和配研成型杆，再镀铬抛光，并保证多个嵌件杆的互换性。

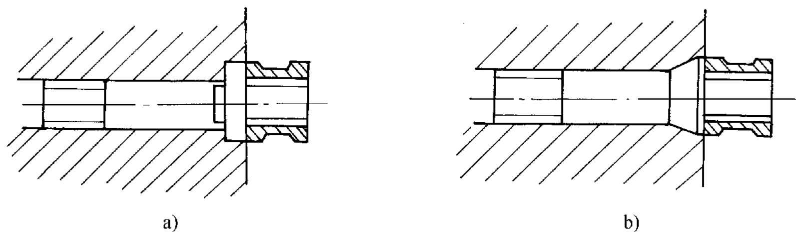


图6-16　嵌件与嵌件杆

（3）分型面设计　为增大锁模力以减薄甚至避免飞边，应减小分型面的实际接触面积，如图6-15所示。一般在型腔周围的10～20mm之外部分削去0.5～1mm。但也需注意到过大锁模力会使型腔塌陷。分型面上作用40～70MPa锁模压力为好，流动性好的物料应取其大值进行验算。

分型面硬度应在40HRC以上，避免飞边碎屑过快损伤分型面。对分型面镀铬处理，可减小飞边的黏附力。

分型面上不允许存在任何孔和凹坑，否则会造成飞边清理困难。应将模板上螺孔等设计成不通孔。若有通孔，也应将其镶填磨平。

（4）成型零件设计　成型零件工作尺寸的计算方法与热塑性塑料注塑模具相同。但在确定成型收缩率时，应注意到热固性塑料注塑收缩率的离散性较大，如酚醛塑料注塑收缩率为0.7%～1.2%。此外，在计算型腔深度尺寸时，要计入分型面上毛边厚度0.05～0.1mm，即将计算的模具型腔尺寸减去毛边值。

成型零件设计应尽量避免镶拼结构，以免熔体钻模。整体镶嵌式型腔常被采用。型腔表面粗糙度 Ra 应在0.20μm以下。

型腔和型芯一般都应经过热处理淬硬。表面硬度为 40 ~ 45HRC 的析出硬化钢 SM2 和 PMS 用于高精度的中小型模具。为了提高耐磨性，也常用合金工具钢 9Mn2V、5CrMnMo、9CrWMn，其表面硬度为 53 ~ 57HRC。含有矿石粉或玻璃纤维等硬质填料时，要求其表面硬度为 58 ~ 62HRC。成型零件常用镀硬铬后抛光来降低表面粗糙度，提高耐磨性并防腐和防锈，延长模具使用寿命。镀铬层厚度在 0.03 ~ 0.08mm 之间。

（5）脱模机构设计　由于热固性塑料熔体有 0.02mm 以上单边间隙，就会钻模产生飞边，给脱模机构设计带来很大难度，所以应尽量避免采用推管和推板脱模元件。推管的内外柱面均有间隙配合。推板与型芯的配合间隙有时很难均匀一致，在高温下的实际间隙很难控制。倘若要使用推板，则脱模行程要增大到足以使推板脱出型芯。这样，便于清除飞边及碎片。

采用推杆比较容易使单边间隙达到 0.01 ~ 0.02mm 的要求。0.03mm 以下间隙会产生极薄一层半透明的飞边，尚不妨碍相对滑动。但间隙小于 0.005mm 时，在约 160℃左右模温下易产生配合面的胀咬故障。如图 6-17a 所示，在推杆的中间滑动段制成三棱带，可减小与高温孔壁的摩擦面。棱带应有足够长度和精度，每棱应有 1.5mm 的支承接触宽度。又见图 6-17b，推杆在推出位置，动模底面与推杆三棱段应留有足够位置 A，以允许碎屑从槽中自由脱落，而上部圆柱段要全部推出塑料件成型面。这种推杆直径通常大于 5mm。棱带数可视直径增大而增多。

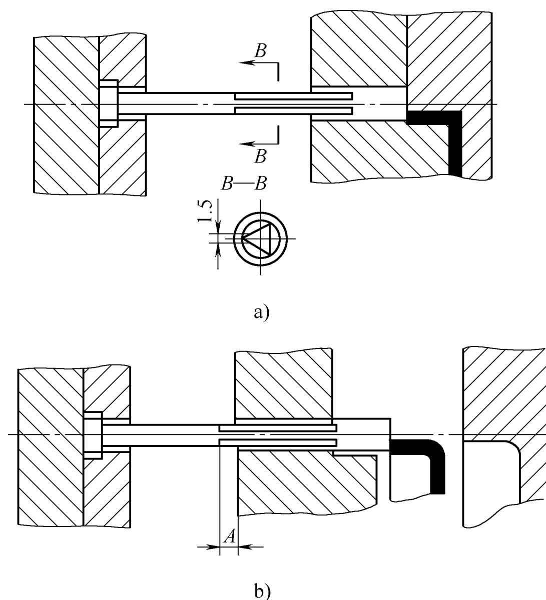


图 6-17　热固性注塑模推杆

a）闭模位置　b）推出位置

（6）排气系统设计　热固性塑料注塑模不但要排出型腔中的空气，还要排出固化反应所产生的挥发性气体，因此，排气量大。在浇口前的分流道就应该开始排气。排气槽宽度就等于分流道宽度，在分型面上深度取 0.12mm 左右。一般在型腔四周均应当排气，在料流末端更应保证排气畅通。分型面上排气槽宽度 3 ~8mm，深度 0.06 ~0.18mm，如图 6-18a 所示，排气槽相互间隔至少 25mm。排气槽允许物料溢出，并有与型腔表面相同的表面粗糙度和硬度。但遇到小型板件，排气量又不大，则用约深度 0.06mm 的浅排气槽，使飞边去除容易。也可以在芯柱上开设排气隙，如图 6-18b 所示。在芯柱外圆上磨出 3 个或 4 个深 0.05 ~ 0.075mm 的平面，然后经中心引气孔导出气体。在大多数场合，顶杆上也磨出类似的几个导气平面。加工时需注意，磨痕应沿着轴线方向，排气面端角上要磨出 0.12mm 左右的倒角。这样在有飞边形成时会粘连在制件上。最后一种有效的可靠方法是利用多孔的烧结块，如图 6-18c 所示。

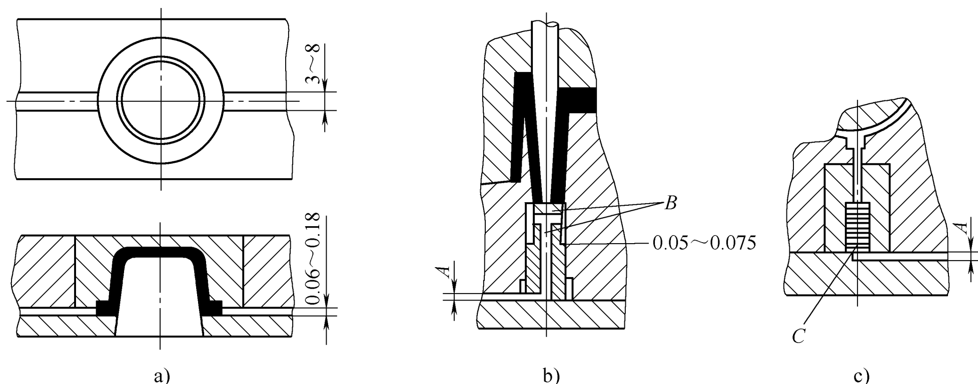


图 6-18　排气系统设计

a）分型面上排气槽　b）排气芯柱　c）多孔烧结块排气

A—排气槽　*B*—排气孔　*C*—烧结块

（7）加热和绝热考虑　热固性塑料注塑模加热系统使用最多的是电热棒，也有用电热板的。其加热功率应该根据两绝热板之间的模具总质量计算。也有一个专用经验公式，即

$$P = 0.2V \tag{6-3}$$

式中　P——加热器功率（W）；

V——被加热模具体积（cm^3）。

如图 6-15 所示，动模和定模分别设置测温热电偶，以自动控制模具温度，使成型表面温差在 ±2.5℃之内。表 6-1 为部分热固性塑料注塑成型模具温度提供了参考。

表 6-1　部分热固性塑料注塑模模温　（单位：℃）

塑料	模温	塑料	模温	塑料	模温
酚醛	160～190	不饱和聚酯	170～190	有机硅	170～216
脲甲醛	140～160	环氧	150～170	聚酰亚胺	170～200
三聚氰胺	150～190	DAP	160～175	聚丁二烯	230

为防止高温模具向注塑机的两块模板传热，需设置两个绝热垫层，常用石棉水泥板或环氧玻璃钢板等。如图 6-15 所示，绝热层设置在动模支承板和垫铁之间，需加设定位套筒，也有将绝热层设置在动模底板和注塑机动模板之间的。

2. 浇注系统设计

在设计时，应注意采用由热固性塑料注塑工艺特点而获得的经验数据。

（1）主流道　热固性塑料注塑成型时，物料在机筒内没有加热到足够高温度，因此，要求主流道有较大传热面积，而且热固性注塑机的喷嘴口径较大，锥角 α 应为 1°～2°。主流道内壁的表面粗糙度 $Ra \leqslant 0.8\mu m$。

由于热固性塑料有脆硬特性，因此拉料的“冷料”井应防止物料折断。图 6-19a 所示球形拉料头，$d = d_1 + 2mm$。d 与 d_1 之差过小则无拉料作用，若过大会不能脱模或破裂。图 6-19b 所示 Z 形拉料头，最薄处不得小于 4mm，尖角处应设有 $r = 1mm$ 的圆角。图 6-19c 所示薄片式拉料头，在圆柱杆头铣四条斜边，最薄处不得小于 0.8mm，斜片长约 10mm，使薄片具有弹性。

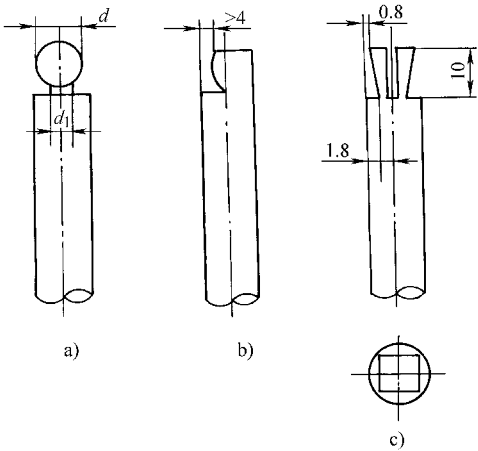


图 6-19　常用拉斜杆形式

a）球形头　b）Z 形头　c）薄片头

（2）分流道　圆形截面的比表面积最大，有利于传热固化，但实际上分流道设计大多采用梯形和半圆形。分流道断面面积与物料流动性、物料温度和分流道长度等因素有关，但主要取决于流经分流道的物料量。对于酚醛类塑料，分流道截面积可按下式估算：

$$A_r = am_r + 20mm^2 \tag{6-4}$$

式中　A_r——分流道截面积（mm^2）；

a——系数，取 $0.26mm^2/g$；

m_r——流经分流道的塑料量（g）。

也可按图6-20的曲线1估算。生产中梯形截面厚度，对于中小型塑料件可取2~4mm；对于较大塑料件可取4~8mm。

为了减小物料流动阻力，主流道与分流道、各分流道转向处，都应取较大的转角半径。转角半径应不小于分流道直径或宽度。分流道的表面粗糙度 *Ra* 在0.4μm以下，并镀铬。

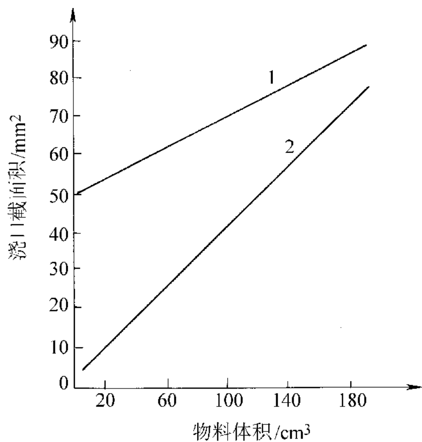


图6-20 酚醛塑料的分流道和浇口断面积、流过物料体积的关系
1—分流道 2—浇口

（3）浇口 如图6-21~图6-23所示，热固性塑料注塑模的浇口形式有直浇口、侧浇口、盘形浇口、外环形浇口、内环形浇口、扇形浇口、平缝形浇口、点浇口和潜伏式浇口等。物料流经浇口时摩擦磨损大，固化了的浇口凝料质脆易断，故与热塑性塑料注射的浇口有所差异。下面介绍其中三种：

1）侧浇口。侧浇口长度为0.8~1.5mm。宽度应比分流道稍窄，中小制件为2~4mm，大制件为4~8mm。其深度是浇口截面积的修模调节尺寸，根据经验常取0.5mm左右。对于纤维填料取0.8~1.0mm，或取塑料件壁厚的1/2左右。对酚醛塑料的侧浇口截面积，可参考图6-20中的线2。

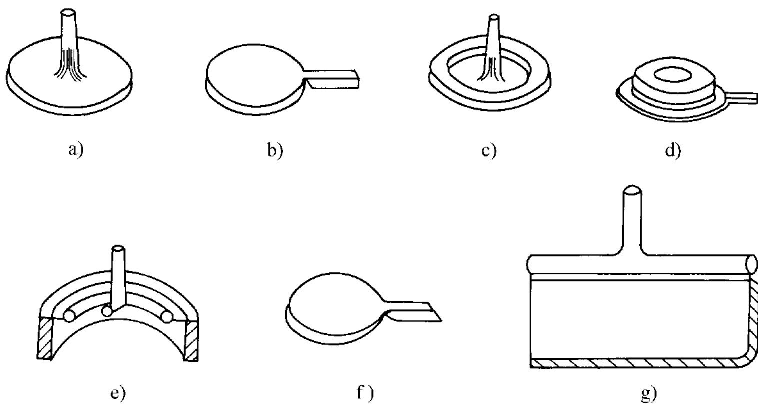


图6-21 热固性塑料注塑模的浇口类型
a）直浇口 b）侧浇口 c）盘形浇口 d）外环形浇口
e）内环形浇口 f）扇形浇口 g）平缝形浇口

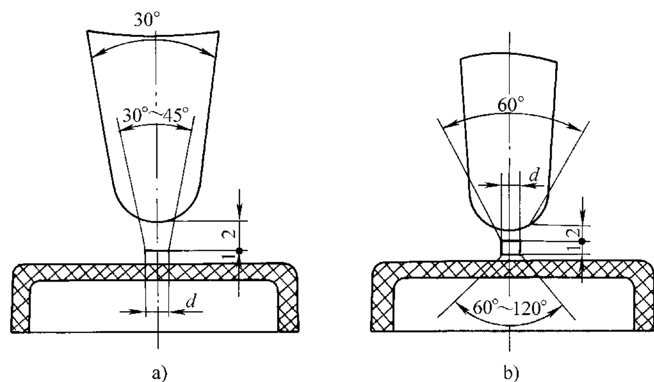


图 6-22　热固性塑料注塑的点浇口

2）点浇口。填料粒度大的热固性塑料不能用点浇口。点浇口处磨损剧烈，直径比热塑性塑料模大得多，常取 $d=1.2\sim2.5$mm，可根据塑料件大小和壁厚选取。浇口形式见图 6-22a、b。浇口带有锥度可减小摩擦。

3）潜伏式浇口。倘若采用点浇口就要用如图 6-24 所示的三板模结构，而潜伏式浇口可简化模具。该种浇口成功设计取决于浇口位置、浇口的两个角度、推杆位置、塑料件在脱模温度下是否具有柔性。如图 6-23 所示，浇口中心线与开模方向的夹角 α 为 25°～30°较适宜。浇口本身锥角在 25°～35°为好。推杆距浇口太近，推出时浇口凝料不能产生充分的挠曲，易剪切折断；但推杆太远，则固化浇口没有足够的推出力。

浇口部位最好做成可换镶块。特别在大批量生产时，镶件的镀铬层磨去后，可重新镀铬或更新镶件。也可以考虑用硬质合金制造镶块，寿命可提高数倍。

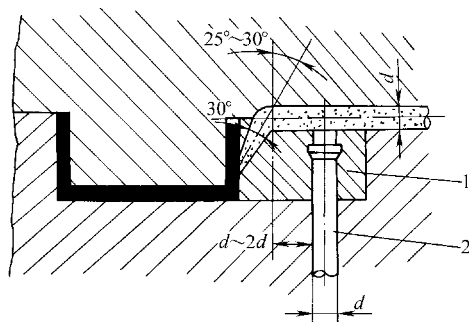


图 6-23　热固性塑料注塑模的潜伏式浇口

1—镶块　2—推杆

图 6-24 中制件为模具注射石棉短纤维充填的酚醛环刷。该制件尺寸精度要求高，型腔的脱模斜度很小，采用盘形浇口有利于纤维的充模和分布。在用一模四腔的压制模成型时，成型周期达 2.75min。改为一模四腔注塑模，由于破裂线很难控制，现为一模二件。采用三板模结构，拉尺被仔细设计，让动模板与中间板首先分离并剪断盘形浇口。第二次分型时，塑料件中心引导流道的固化物不被咬合或破碎。这样可实现自动生产，注塑周期为 58s。

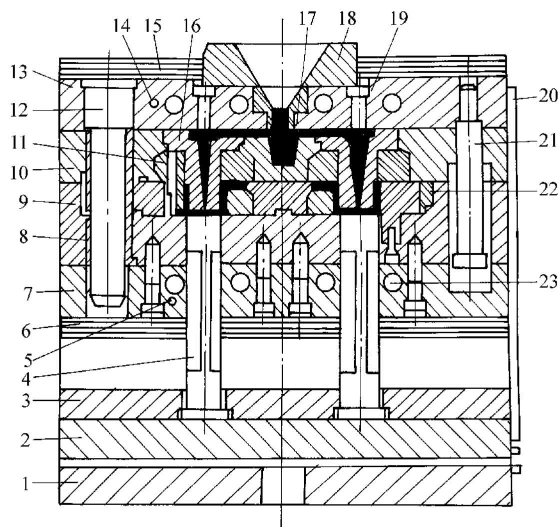


图 6-24　一模二腔石棉短纤维充填酚醛塑料的双分型面注塑模

1—动模座板　2—推出板　3—推杆固定板　4—推杆　5、14—热电偶
6、15—绝热层　7—动模垫板　8—导套　9—动模板　10—中间板
11—凸模　12—导柱　13—定模固定板　16—流道浇口套　17—主流道环
18—定位圈　19—拉料杆　20—拉尺　21—带肩定距螺钉　22—凹模　23—加热器

6.3　气体辅助注塑模

气体辅助注塑成型工艺是由德国的 Battenfeld 公司最先提出的。该工艺是当型腔中注射了部分聚合物熔体以后，紧接着通过喷嘴、流道将压缩空气（通常为 N_2）注入熔体中形成中空塑件的特殊工艺，即表层是连续结实的实体，而塑件的心部存在空气空间。这样的塑件有高的强度质量比，所以在汽车、建材及日用品中有着十分诱人的发展前景。

图 6-25 所示为 Battenfeld 公司的气体辅助注塑装置。图 6-26 所示为气体辅助注塑成型过程。

气体的压力、流量、体积是决定塑件中空气夹芯方位、大小等的重要因素。另外，模具结构和工艺参数（如注射速度、熔料温度、模具温度、注射压力、保压时间等）也对气体夹芯产生重要影响。

1. 气体辅助注塑成型的优点

1）在塑件厚壁处，肋、凸台等部位表面不会出现缩痕，提高了塑件质量。一般气体辅助注塑成型制件的截面形状如图 6-27 所示。

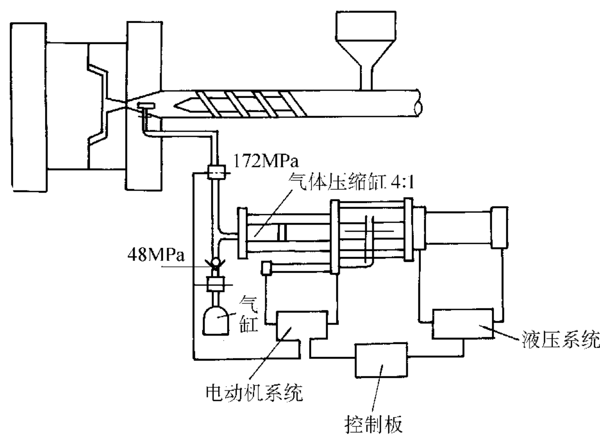


图 6-25　气体辅助注塑装置

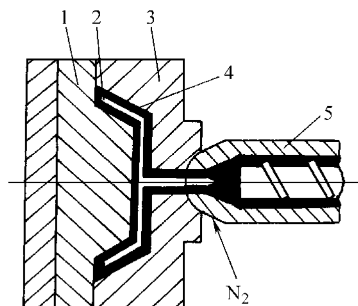


图 6-26　气体辅助注塑成型过程

1—动模型芯板　2—塑件　3—定模型腔板

4—气层夹心　5—注塑机喷嘴

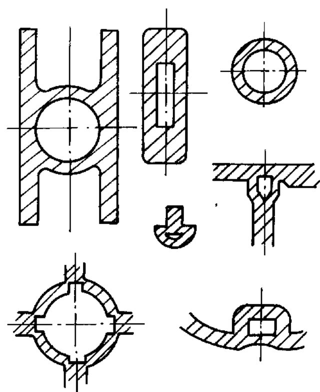


图 6-27　一般气体辅助注塑成型制件的截面形状

2）所需锁模力为一般注塑成型的 1/10 ~ 1/5，可大幅度降低设备成本。

3）因成型时注射压力低，故塑件中的残余应力极小，塑件不易出现翘曲和应力碎裂，可大幅度降低废品率。

4）可减轻塑件的质量，减少原材料的费用，使塑件适应工业产品轻型化的要求。

5）所需冷却时间短，可缩短成型周期，提高注塑成型的生产效率。

6）可成型各种复杂形状的塑件。

2. 热固性树脂材料

根据 Battenfeld 的研究，对不同热固性塑料使用内部气压的可能性依赖于注射阶段熔料的流动行为（流动曲线），已经表明必须满足下列的先决条件：

1）熔料对模壁腔的黏合性（熔料无低黏度润滑层）。

2）熔料前沿沿型腔壁流动的平板流动曲线。

3）压缩流动前沿（熔料的任一部分未被压缩）。

已经表明平板流动的热固性塑料具有上述性能，因此非常适合内部气压技术。

适合采用气助压力系统的热固性树脂有酚醛树脂（PF）、脲醛树脂（UF）、三聚氰胺甲醛树脂（MF）、三聚氰胺-酚醛树脂（MP）、不饱和聚酯树脂、环氧树脂（EP）。

气体辅助注塑模具的基本结构与一般注塑模具相同。由于采用低压成型，有利于提高模具寿命，但对型腔表面的形位精度提出了更高的要求。这是因为这种成型方法能较逼真地反映型腔壁表面的状况，对于成型表面带有装饰花纹的塑件有好处；但另一方面，如果模具表面存在某些缺陷，也能从塑件表面反映出来。

6.4 水辅助注塑模

德国又开发出基于同样原理的新的注塑成型技术——水辅助注塑成型技术，它比气体辅助注塑成型技术在缩短成型周期、减小制件厚度与重量等方面更具有吸引力。如德国 Sulo 公司开发成功的 PP 塑料成型的全塑超市购物手推车。该产品用气体辅助成型需要的时间是 280s，而用水辅助成型只需 68s。可见水辅助注塑成型是一项极具有竞争优势的成型技术。

6.4.1 水辅助注塑成型工艺过程与方法

1. 水辅助注塑成型工艺过程

水辅助注塑成型的基本过程是：先将塑化好的塑料熔体注入封闭的模具型腔，然后通过安装于模具上的注射器将一定温度与压力的水注入型腔内熔体的心部。由于水的温度远低于熔体温度，因此水流及其前锋面与熔体接触的界面因熔体温度迅速降低而形成一层高黏度的固化膜，将水流包裹在制件壁厚中心。水流在压力作用下，如同柱塞一样推动熔体向前流动并最终充满型腔。同时，当型腔内的高温熔体开始接触到较冷的型腔壁时，也会在模壁处产生一定厚度的凝固层，使得制件心部的水流不致穿透固化膜与模壁接触。经过一定时间的冷却固化，便可排空制件心部的水，开模获得空心的制件。

水辅助注塑成型工艺过程可分为四个阶段，即

熔体注射→水的注射→水的排空→塑件脱模

2. 水辅助注塑成型方法

按照具体成型工艺过程的不同，目前水辅助注塑成型有 4 种工艺方法。

（1）短射（欠量注射）法　这种方法也称吹胀法，它是通过对封闭型腔进行经过准确计量的熔体欠量注射，然后迅速切换到向型腔内的熔体心部注入高压水而实现的。水在熔体心部流动如同柱塞一样推动熔体向前并充满型腔，同时实施保压，如图 6-28 所示。来自注塑机机筒的熔体和供水系统的水，由专门的控制阀门分别控制。制件固化后，打开控水阀门，借助水的重力或外界压缩空气的压力可将水排净。这种方法在熔体欠量注射结束而切换到水的注入时，会因熔体流短暂的停滞而在制件表面形成滞留痕，影响外观质量。它适合壁厚较大的制件成型，但应严格控制熔体注入的量。若注入的熔体量太少，可能导致水流前锋面的熔体膜被穿透，使水进入型腔而损伤模具。

（2）返流法　该方法是注入熔体时，型腔先被熔体完全充满，然后通过安装于模具上且位于熔体充模流动末端或附近的水注射器向型腔内熔体心部注入水。水的压力高于熔体压力，因此，型腔心部的熔体受水的排挤被迫向注塑机机筒的头部空间返流，如图 6-29 所示。这种方法避免了短射法在由注入熔体后向注水切换时在制件表面上形成的滞留痕迹，可获得表面优质的制件，但需要特殊的喷嘴和阻逆环控制返流回注射机筒的熔体量，且不允许水穿透到注塑机机筒前端。同时返流回来的熔体与注射机筒原有的熔体存在温度和压力的差异，这将会影响下一次注射的制件质量。

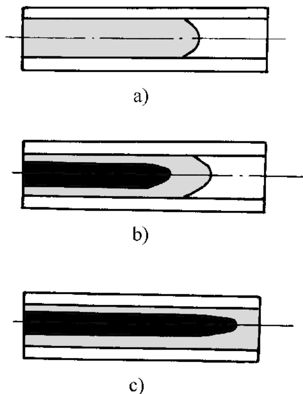


图 6-28　短射法

a）型腔部分填充　b）注入水　c）保持压力

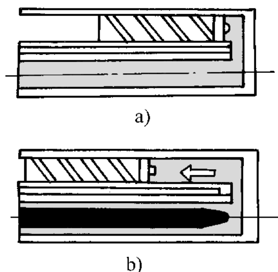


图 6-29　返流方法

a）型腔充满熔体　b）注入水与熔体回流

（3）溢流法　这种工艺方法的模具需用两个型腔，一个为成型制件的主型腔，另一个是与其连通的溢流腔。主型腔通过安装在其末端的控制阀与溢流腔隔开形成两个封闭型腔。开始注入熔体时主型腔被完全充满，然后由水注射器向主

型腔内的熔体心部注水，并打开主型腔末端的控制阀，使主型腔内被水排挤出来的熔体通过阀门通道流入溢流腔。关闭主型腔阀门可对制件实施保压，如图6-30所示。这种方法同样可获得表面优质的制件，但脱模后制件及溢流腔需增加修整、清理与切除多余材料的工序。

（4）流动法　这是短射法与溢流法的结合。成型时先对型腔进行欠量的熔体注射，然后向型腔内的熔体心部注入水，水推动熔体向前流动充满型腔，打开型腔端部的控制阀，水流穿透熔体前锋面的固化膜，通过型腔末端的控制阀，流回到供水系统回路，如图6-31所示。这种方法节省材料，同时水从制件心部流向循环回路，增加冷却速率，但制件的出水口处会产生缺陷。

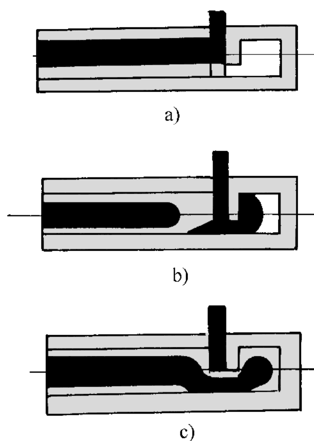


图6-30　溢流方法
a）熔体充满型腔　b）注入水　c）保持压力

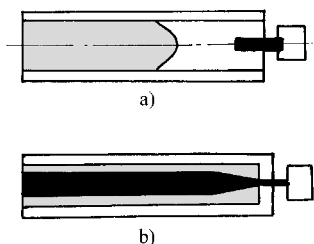


图6-31　流动方法
a）型腔部分填充　b）注入水和保压

6.4.2　水辅助注塑成型技术的主要特点

水辅助注塑成型技术与气体辅助注塑成型技术相比较，其根本差别在于二者使用的辅助成型介质的性质不同：一种是液态的水，另一种是气态的氮气。水是不可压缩的，而气体则可以。水不但黏度高于气体，而且水的热导率比气体大40倍，其热容量也比气体高4倍。由于水的流体特性，使水辅助注塑成型具有如下特点：

（1）缩短循环时间　水辅助注塑成型是将一定温度（10～80℃）的高压（30MPa）水注入型腔内熔体的心部，因此，水可直接从制件壁厚的心部对制件进行冷却，而且这种冷却是随着制件形状由内到外均匀作用的，冷却充分，效果好，可大大缩短制件的成型周期。研究表明，水辅助成型的冷却循环时间只有气体辅助成型的25%，甚至更低。如成型直径为ϕ10mm、壁厚为1.0～1.5mm的

制件，气体辅助成型时间为 60s，而水辅助成型时间只需 10s；成型直径为 ϕ30mm、壁厚为 2.5 ~ 3.0mm 的制件，气体辅助成型时间需要 180s，而水辅助成型时间只需 40s。

（2）制件表面无缩痕　水辅助成型中注入型腔的熔体，是在高达近 30MPa 的水压力作用下紧贴型腔壁流动与冷却固化的，制件的整个成型收缩与冷却定型过程始终受到来自制件心部的水压力作用。制件壁厚密度高，冷却均匀，收缩一致，表面平整无缩痕，没有翘曲与扭曲变形，外观质量好。

（3）可成型薄壁和内表面光滑的制件　由于水辅助成型所用的水温度远低于熔体温度，因此注入型腔的水与高温熔体接触的界面，会因熔体温度迅速降低而立即形成一层光滑的高黏度固化膜。固化膜内侧的水在压力作用下向外均匀施压，使尚未凝固的制件壁厚受压而减薄，但水不会穿透固化膜进入壁厚，同时水流前锋面的熔体在水压力作用下向前推移，使更多的熔体向前流动，从而获得壁厚较小且内表面光滑的制件。图 6-32 所示为水辅助成型与气体辅助成型制件内表面的比较。水的黏度高于气体，以及熔体固化膜的作用，使水不会像气体那样容易渗入到熔体内，因此，可获得内表面光滑的制件。而气体则容易渗透到制件内表面，并产生气泡或形成空隙，致使制件内表面粗糙。

（4）节省材料　水辅助成型可成型比气体辅助成型所能达到的壁厚更小的制件，因而节省材料，减轻制件重量，降低成本。研究表明，水辅助注塑成型可节省材料 30% ~ 40%。气体辅助成型在用于直径较大的制件成型时，其壁厚仍较大，易造成制件内表面产生气泡。当成型直径超过 ϕ40mm 的制件时，气道形成后，因壁厚较大及气体不具有冷却作用，易造成壁厚不均。而水辅助成型具有高于气体的水压力及快速冷却的作用，可使壁厚小而均匀。用气体辅助成型和水辅助成型分别成型直径为 ϕ6 ~ ϕ8mm 的玻璃纤维增强的 PA 管状制件，试验表明，水辅助成型的制件壁厚可比气体辅助成型的壁厚小 50% 以上。

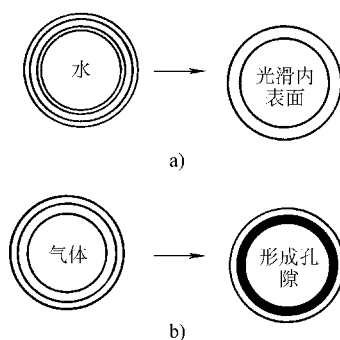


图 6-32　制件内表面的形貌
a）水辅助成型制件的内表面
b）气体辅助成型制件的内表面

（5）水介质可重复利用且易于控制与获得　水辅助成型方法中，制件中排出的水，可回流到供水系统循环使用。同时水的温度、压力、流量等易于准确控制，有利于保证成型制件的质量。水比气体辅助成型用的氮气方便易得，经济有效。

（6）增加排水工序　水辅助成型的制件冷却固化后，需排空排净制件心部

的水，然后脱模。目前有两种方法：一是靠水的重力排空；二是借助外界压缩空气的压力将水排出。后者排水干净，但需增加供气装置。

此外，水的密封问题是关系到水辅助成型技术能否获得广泛应用的关键。一旦发生水的泄漏或溅射到模具上，会影响制件的成型质量。因此，应有可靠的密封或防漏措施。

6.4.3 水辅助注塑成型的应用范围

水辅助注塑成型的应用范围与气体辅助成型基本一致，但它可成型比气体辅助成型具有更大更长的内部空间或更小壁厚，以及内表面光滑的制件，既适用于小型制件的成型，也适用于大型制件的成型。

（1）复杂形状的管状制件 这类制件用水辅助成型可获得更大的截面空间和较小的壁厚，节省材料，缩短成型周期，如各种手柄、扶手、家具腿、门把手和汽车上的冷却管路等。对于超过 180°弯曲的管状制件，用水辅助成型获得的制件可比气体辅助成型具有更均匀的壁厚和更光滑的内表面，如图 6-33 所示。

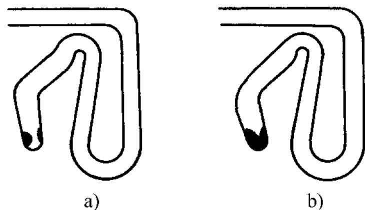


图 6-33 不同弯曲度的管状制件水辅助成型与气体辅助成型壁厚的比较
a）气体辅助成型 b）水辅助成型

（2）厚壁制件 对壁厚或直径较大的制件，用水辅助成型可获得合理的结构刚度与较小的壁厚，大大减小制件的重量，节省原材料，同时降低了成型制件对注塑机能力的要求。

（3）壁厚不均的复杂结构制件 这类制件的厚壁部分可通过水辅助成型，避免传统注塑成型工艺中因收缩不均而引起的翘曲、扭曲及表面缩痕等缺陷，从而获得表面平整光滑的制件，提高了制件设计的灵活性和自由度。

6.5 模内装饰注塑模

6.5.1 模内装饰原理及特点

传统的塑料器件表面印上不同的图案，而这些图案往往会因长时间摩擦（尤其是接触按键）而消失，且不耐划伤，容易产生划痕。即使印在透明按键材料上，这些图案也不会透光，并且对于表面不平整的材料，只能用移印的办法印上图案，给批量生产带来了不便。随着社会的进步，人们对表面装饰的要求也在不断提高，为满足社会的需要，人们研制和开发了新的表面装饰技术——IMD 技术。

IMD（In-Mold Decoration，模内装饰），就是将已印刷成型好的装饰片材放

入注塑模内，然后将树脂注射在成型片材的背面，使树脂与片材接合成一体固化成型的技术。IMD 是在注塑成型的同时进行镶件加饰的技术，产品是和装饰承印材料覆合成为一体，对立体状的成型品全体可进行加饰印刷，使产品达到装饰性与功能性于一身的效果。采用该方法可同时获得镀金和印刷等效果，并可在三维曲面上同时表现 6 种色相，适合于大批量生产。利用可成型膜进行模内涂装是一种经济、耐用和环保的 IMD 方式，正取代成型后上漆、印制、热冲压和镀铬等工艺，广泛应用于家电、电子、汽车、计算机、通信等行业，通常手机显示屏、键盘装饰多采用这种工艺。IMD 工艺特点如下：

1）产品稳定性。使产品产生一致性与标准化的正确套色。

2）产品耐久性。透过特殊处理的 COATING 薄膜的保护，可提供产品更优良的表面耐磨与耐化学特性。

3）3D 复杂形状设计。应用薄膜优良的伸展性，可顺利达成所需的产品复杂性外形设计需求。

4）多样化风格。可依客户需求创造金属电镀或天然材质特殊式样亮银的金属图案和印刷图案结合，可以进行更为广泛的图案设计。

5）制程简化。经由一次注塑成型的方法，将成型与装饰同时完成，可有效降低成本与工时，可提供稳定的生产。

6）降低成本与工时。IMD 制程中只需要一套模具，不像其他制程需开多套模具，可以去除一次作业程序的人力与工时，降低系统成本与库存成本。

7）可避免下述直接印刷的问题：印刷机器、制版等设备；印刷技术的学习；油墨、有机溶剂的处理；印刷颜色调配和转印的初期工序。

表 6-2 为 IMD 与其他表面装饰技术的比较。

表 6-2　IMD 与其他表面装饰技术的比较

项　目	喷　涂	热　转　印	IMD
摩擦性能	差	差	好
能否综合多种标记	能	能	不能
透光性能	差	差	好
图像清晰度	好	好	好
着色效果	差	差	好
金属外观	差	好	好
能否自动化加工	不能	能	能
加工速度	慢	快	快
小批量生产效益	好	差	好
能否加工三维曲面	能	不能	能

6.5.2 模内装饰的工艺流程及分类

日本写真印刷株式会社（Nissha）在装饰膜设计、印刷以及模内装饰研究、设计、生产领域处于全球领先地位。Nissha 将模内覆膜分为 IMD Type-TR（transfer，油墨转移型模内装饰，见图 6-34）、IMD Type-S（simulforming，模压型模内装饰，见图 6-35）、IMD Type-P（preforming，预压成型模内装饰，见图 6-36）。IMD Type-TR 就是常说的模内装饰（IMD），IMD Type-S、IMD Type-P 是模内贴标签（IML）。它们之间的比较见表 6-3。

表 6-3 模内装饰油墨转移型、模压型、预压成型工艺特性对比

IMD Type-TR	IMD Type-S	IMD Type-P
送料机构推进承载膜	送料机构推进装饰膜	预成型装饰膜
如果设计精确合理，可实现高档次装饰（设计变化灵活）	图案成型变形小，拉伸深度大	图案成型变形小，凸模预成型可实现最大拉伸深度
无需后续切边（装饰类型：木纹、金属、工艺图案、商标）	图案丰富，表层亚克力使产品表面耐磨（可成型非光滑面）	图案丰富，表层亚克力使产品表面耐磨（可成型非光滑面）
一次成型无需前/后工序（可自动化生产）	注射过程中直接吸入装饰膜，一次成型（可自动化生产）	分模线包进也可成型
抗划伤。有硬化处理：2H；无硬化处理：F	抗划伤：H	抗划伤：H
适用注射材料：ABS、PMMA、ABS/PC	适用注射材料：ABS、PMMA、PP、ABS/PC	适用注射材料：ABS、PP、ABS/PC

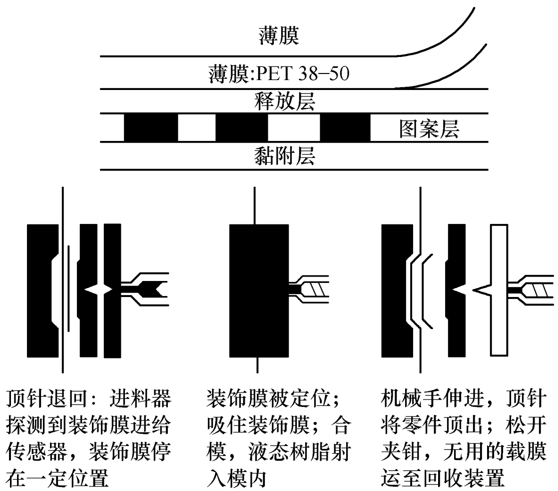


图 6-34 油墨转移型模内装饰薄膜结构和注塑过程

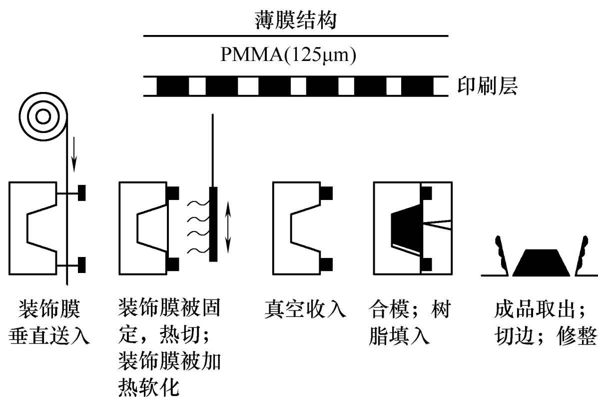


图 6-35　模压型模内装饰薄膜结构和注塑过程

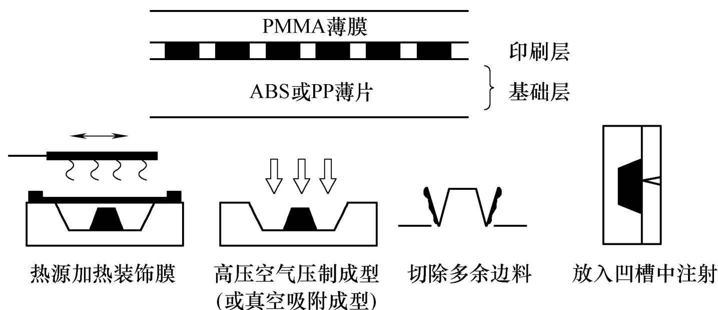


图 6-36　预压成型模内装饰薄膜结构和注塑过程

IMD Type-TR 的特点：广泛应用于弱电、办公自动化、化妆品、汽车等领域；注塑、装饰可以由一个工艺完成，并可以实现自动化；需要专用的模具；可以实现图案的定位注塑。

IMD Type-S 的特点：注塑、图案装饰在同一工序内实现（可实现自动化）；需使用专用的注塑成型模具；注塑成型后需要加工。

IMD Type-P 的特点：由于是凸成型，不易造成上部图案的拉伸；可以超过分型面装饰。

目前 IMD 按制造过程的不同可分为薄膜式模内转印（IMF）及滚筒式模内转印（IMR）两种。IMF 法是先将油墨印刷在一层厚度约 0.18mm 的薄膜［材料为聚碳酸酯（PC）或聚对苯二甲酸乙二醇酯］上，经过成型之后，置于注塑机台上，依靠模具定位机构定位，在模内与基材一同成型。IMR 法是先以滚筒印

刷的方式将薄膜印制成卷再以滚筒方式运送。IMF 与 IMR 的优缺点列于表 6-4。

表 6-4　IMF 与 IMR 的比较

项目	IMF	IMR
优点	印刷为网印,变更印刷图案速度快;国内已有成熟的厂商,供货及机动性不成问题	色彩变化丰富,油墨不易剥离;连续式送料,可自动化,能大幅度提高生产率,单位成本低,约为 IMF 的 1/2
缺点	由于制造过程无连续性,生产率无法明显提升,单个制造成本高	模具费用昂贵,约为 IMF 的 2 ~ 3 倍;印刷图案变化时间长,油墨的耐磨性差;目前薄膜的印刷技术只有日本和德国等少数国家掌握,机动性差

6.5.3　模内装饰结构设计

（1）制品　在成型厚壁部件时，必须注意膜的厚度，确保模具是为 IMD 而设计的，否则部件有可能损失达 30% 的厚度。

（2）模具　几个模具上的问题需要解决，如果使用多浇口模具，会在膜的平滑表面上出现焊缝，还会有排气问题，要在部件边缘进行排气。IMD 需要对充模过程和流动模式进行极为仔细的控制，注射压力变化要小，必须留意浇口位置或者降低流道长度。对于一些应用来说，使用多阀浇口可能是一种解决方案。

（3）机械手　传统横动机械手已经被用于 IMD。有专业人士指出，相比气动或液动伺服混合型机械手，全伺服机械手可能是一种更佳的选择，因为伺服定位更为精确，可重复性更高，可更容易地调节动作。

IMD 膜需要细致小心地操作，一些厂家在机械手的臂端工具中利用聚甲醛或氟聚合物材料的抓爪，而不会损伤表面。吸杯是另一种流行的办法，缓慢旋转吸杯，拾起嵌膜，而不会损伤膜，可以使用调整器来操控真空。

（4）嵌膜　在模内放置和保持住薄膜也是 IMD 中的关键因素，因此让预成型嵌膜带上静电有助于预成型品在模内的精确定位。

对嵌膜尺寸进行正确计算是一个重要而又易被忽视的因素，要确保膜的尺寸略微小于最终部件的尺寸。当膜被背部成型时，它将会因引入的基层产生热膨胀而伸长。如果在背部成型之前膜的尺寸与完成品尺寸一样，膜就将在模内溢料。必须计算出首先当膜受热至模温时会如何膨胀，然后当注入基层时会如何膨胀。

6.5.4　IMD 油墨

（1）溶剂型油墨　采用溶剂型油墨网印 IMD 的 PC 片后，需在隧道式且具有良好通风的三级干燥机中烘干。三级的最后一级干燥，建议在 90℃恒温烘干 3 ~

5h。因此，溶剂型油墨的生产周期长，且一旦油墨的干燥程度掌握不好，就会给最后的注塑成品率带来非常大的影响。因为溶剂型油墨印后干燥不彻底，在油墨中残留溶剂，此溶剂在注射模内受热的条件下无法跑掉，就会向油墨内外散发，在溶剂蒸气压力大的情况下，油墨就会向四周扩散而造成“飞油”现象，使图文周边模糊，严重者印刷的图文全部扩散，飞溅形成向四周散射性的“花纹”。

（2）光固化油墨在 IMD 技术的应用特点

1）可实行自动化印刷，生产效率高。

2）UV 油墨光固化只需几秒或十几秒，固化速度非常快。

3）可网印更精细的线条，分辨率高，且墨层较薄，印刷面积大。

4）注塑前，UV 墨印迹若不覆膜，也不会产生印迹油墨“飞油”现象。

5）整个操作系统容易控制，UV 油墨因溶剂量较少，故不需长时间蒸发或烘干溶剂过程，因而注塑时油墨受热就不会产生“飞油”现象。

IMD 技术的出现，将会大大推进仪器仪表、计算机、键盘、面板、汽车表盘的网印技术的发展。在不久的将来，多种家用电器、汽车等超大型产品的外壳也将会使用 IMD 技术完成，使生产完全实行自动化，提高效率。因此，IMD 技术是集合特殊 PC 片材、注塑树脂、耐温油墨、彩色丝网印刷、冲压成型注塑模具的设计、制造及注塑工艺的综合技术，因此技术含量较高，涉及技术范围广，因此需要有合理的结构设计，再配上先进的器材和合理的工艺，IMD（IMS）将会得到广泛的应用。

6.6　其他注塑模

6.6.1　结构发泡注塑成型

1. 结构发泡成型工艺的实质及优缺点

结构发泡注塑成型是把结构发泡塑料注射入型腔，将氮气或发泡剂加入聚合物熔体，形成聚合物与气体的混合熔体。注入模具型腔后其气体膨胀，使熔体发泡而充满型腔。接触低温模壁的熔体中气体破裂，在型腔中发泡膨大，形成表层致密、内部呈微孔泡沫结构的塑件。其工艺系统中有结构发泡塑料、结构发泡注塑机、结构发泡注塑模等。

结构发泡塑料又称低发泡塑料、硬质发泡体或合成木材。所谓结构发泡塑件就是指发泡倍数为 1 ~ 2 倍，在塑料中加入发泡剂，采用特殊要求的注塑机、模具和成型工艺所成型的塑件。

常用的注射结构发泡制品的材料有聚苯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚碳酸酯、聚酰胺和 ABS 等。此外，含玻璃纤维的聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯

和聚酰胺等，可用于制造增强的结构发泡塑料件。

与普通注塑一样，结构发泡塑件注塑成功与否主要取决于合适的注射速度（注塑时间）、注射压力、注射温度（熔体温度）、型腔温度以及模具结构等。除此之外，相关的因素是发泡剂的性质、发泡剂在熔体中分散的程度、发泡孔的最终尺寸及分布的均匀程度、气泡的增长过程、增长速率等，因为这些因素都将影响到皮层和心部的结构状态，最终会影响到塑件的力学性能。

泡孔的形成过程大致分为三个阶段：泡孔的形成→泡孔的增大→泡孔的结合或稳定（见图6-37）。

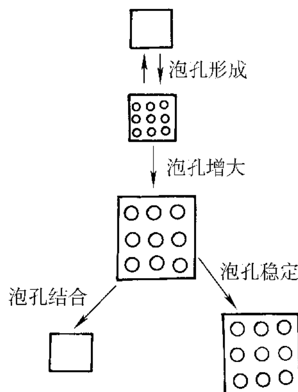


图6-37 泡孔形成阶段

结构发泡注塑模有以下几种：

（1）高压法结构发泡注塑模包括两种类型：

1）木纹化模塑法结构发泡注塑模。将塑料完全充满型腔，发泡率极低，一般为1.1～1.2。用一般的注塑机稍加改进即可。模具设计和工艺要求比较复杂，如配合不当，不能得到良好的木质纹理塑件。

2）二次开模法结构发泡注塑模。要求注塑机设有二次移动模板的机构，当熔融塑料注满型腔后，瞬间移动模板，模具开模一小段距离，使心层发泡，得到低发泡塑件，发泡率可调节。

（2）低压法结构发泡注塑模　塑料以高速高压注入整个型腔容积的75%～80%，靠塑料在型腔内发泡而充满型腔。低压法要求注塑机喷嘴带有阀门并能够密封，才能达到较好的效果，低压法成型的塑件泡孔均匀，但是表面粗糙。

（3）双组分（夹心）注塑法结构发泡注塑模　单组分发泡注塑（高压法、低压法）尽管可以节省20%～30%的塑料，但是对于大型塑件价格还是很高。而采用双组分时塑件内心可以掺用下角料、填料、废料、纸、碳酸钙等，这样可以大大降低成本。此类注塑模的结构有相继注塑法结构发泡注塑模、同心流道注塑法结构发泡注塑模。

结构发泡塑件的优点：①表面平整无凹陷和挠曲，无内应力；②具有一定的刚度和强度，外观近似木材，与木材相比具有耐潮湿、成型加工简便等优点；③相对密度小，比一般塑料的密度小15%～50%。

因此，在国外，结构发泡塑件广泛地应用于家具、汽车、电器部件、建材、仪表外壳、工艺品框架、乐器和包装箱等方面。

结构发泡塑件的缺点：①表面粗糙；②颜色不鲜艳。为了得到理想的结构发泡塑件常需进行表面处理，如涂漆等。

2. 模具设计要点

结构发泡注塑模具的总体结构，与一般注塑模具并无显著差别。但此类模具设计时，有以下几方面必须考虑：

（1）主流道　主流道应整体开设在主流道衬套内，并且比一般注塑模主流道的锥度大 6°~7°，小端直径比注塑机喷嘴孔径大 0.7~1.0mm，最大长度不超过 60mm。出口端向分流道接口处，应有较大的过渡圆角，常取出口端的半径。这种粗而短又有圆角过渡的主流道设计，有利于快速充模。

（2）分流道　分流道采用比塑料件壁厚大的圆形或梯形分流道，以尽可能减少熔体的压力损失和热散失。分流道直径应在 10~20mm 范围内选取，视塑料件体积和充模速率而定。

（3）浇口　最好采用直接浇口或侧浇口。潜伏式浇口和其他小浇口，只限于小型塑料件。浇口断面尺寸不能太小，以免妨碍高速充模。但分流道直径为 20mm 时，浇口直径不得小于 6.5mm，从分流道向浇口过渡应有 4.5~5.0mm 的大圆弧，以减小浇口对料流的节流作用。浇口长度应尽可能短，一般在 1.5~3.0mm 之间。浇口断面尺寸随塑料件壁厚增加而增大，一般在塑料件壁厚的 0.3~0.5 倍范围内选取。对于表面易产生卷曲形纹理的发泡塑料件，其浇口位置的选择应尽可能使充模流动呈平行分布，为此，采用平缝侧浇口或多点侧浇口。通常浇口应开设在塑料件壁最厚部位，并使熔料流至型腔最远处各点的距离大致相同。此外，浇口的开设，应使塑料件的受载荷部位不形成熔合缝和卷入空气。

（4）型腔排气　结构泡沫注塑模的排气系统具有特别重要的意义。这不仅由于型腔容积大，而且还由于发泡剂分解释放大量残余气体。因此，这类模具须有更大的排气通道。沿着型腔的分型面的周边应均匀分布排气槽，它们之间相距 50mm。排气槽高度 0.07~0.08mm，必要时个别排气槽高度可增至 0.25~0.30mm，排气槽宽度 12mm 左右，气流方向的排气槽长度可达 6mm。

（5）模具温度　均匀且可控的模温，有利于获得良好的泡孔结构和均匀的皮层。由于结构泡沫件的厚度大，流道粗大，因此冷却系统设计要提高冷却效率。如采用导热性能较好的铍铜模具，可保证冷却介质在管道内处于湍流状态。

6.6.2　共注塑成型（多色注塑成型）

共注塑成型是使用具有两个或两个以上注塑系统的注塑机，将不同品种或不同色泽的塑料同时或先后注塑进入一个或几个模具的成型方法，有多色多模的清色（分层）注塑成型、多色单模的清色（分层）注塑成型、多色单模的混色注塑成型。

1. 多色多模的清色（分层）注塑成型及模具

在一台注塑机上装有多副模具和多套注塑装置进行注塑，如双色双模的双清色注塑成型就是一种多色多模的清色注塑成型。双色双模的双清色注塑成型利用双色注塑机上的回转模具台，在一次注射头注射一次形成第一层，再到二次注射头注射一次形成第二层，最终得到双清色塑件。两次注射时型腔大小不一，且均是充满。不同品色的熔料之间的界面结合情况受到熔体温度、模具温度、注射压力、保压时间等因素的影响。

图 6-38 所示为双色注塑成型的设备，两个注射系统（机筒）和两副模具共用一个合模系统。模具的定模安装在机床固定模板上，动模安装在机床回转板 6 上。两副模具的型芯相同且具有两根互相垂直的对称轴，型腔一小一大。其中一个注射系统 2 向小型腔模内注入 A 种塑料。注塑成型后，开模，回转板转动 180°，将已成型的 A 种塑料零件（包在型芯上）作为嵌件送到大型腔所在的另外一个注射系统 4 的工作位置上。合模后注射系统 4 向大型腔模内注入 B 种塑料，对嵌件包覆或半包覆，经过注射、保压和冷却定型后脱模。用这种形式可以生产分色明显的混合塑料件。

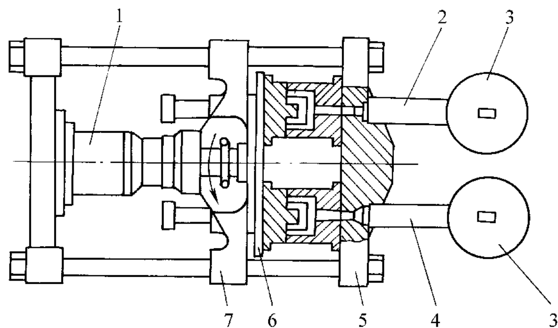


图 6-38　双色注塑成型设备

1—合模液压缸　2—注射系统　3—料斗　4—注射系统

5—固定模板　6—回转板　7—移动模板

双色双模方式的注塑模的设计要考虑以下几个方面：

1）成型部分。成型部分设计与通用型注塑模基本相同，不同的是要考虑两个位置上注塑模的凸模一致，凹模部分腔体大小不同，而且能与两个凸模都能配合得很好。一般这种模成型的塑件较小。

2）浇注系统。由于是双色注塑，浇注系统分一次注射的浇注系统和二次注射的浇注系统，分别来自两个注塑装置。

3）脱模机构。由于双清色塑件只在二次注射结束后才脱出，所以在一次注射位置的脱模机构不起作用。对于水平旋转的注塑机，脱模推出可用注塑机的顶出机构。而对于垂直旋转的注塑机，由于不能用注塑机的顶出机构，可用在回转台上设置液压推出的机构。

4）模体。由于这种成型方法特殊，两副模具导向装置的尺寸、精度一定要一致。对于水平旋转的注塑机，模具的闭合高度要一致，两副模具的中心应在同一回转半径上，且相差 180°；对于垂直回转的注塑机，两副模具要在同一条轴线上。

图 6-39 所示为按键双色注塑模结构。模具整体结构以模具中心为原点上下左右对称，只是字符嵌件型芯型腔与按键母体型芯型腔大小不同，流道也不对称。模具上分布有 4 个定模导柱、2 个回转板导柱。整副模具采用 1 模 12 个字符嵌件和 1 模 12 个按键的布局（见图 6-40）。

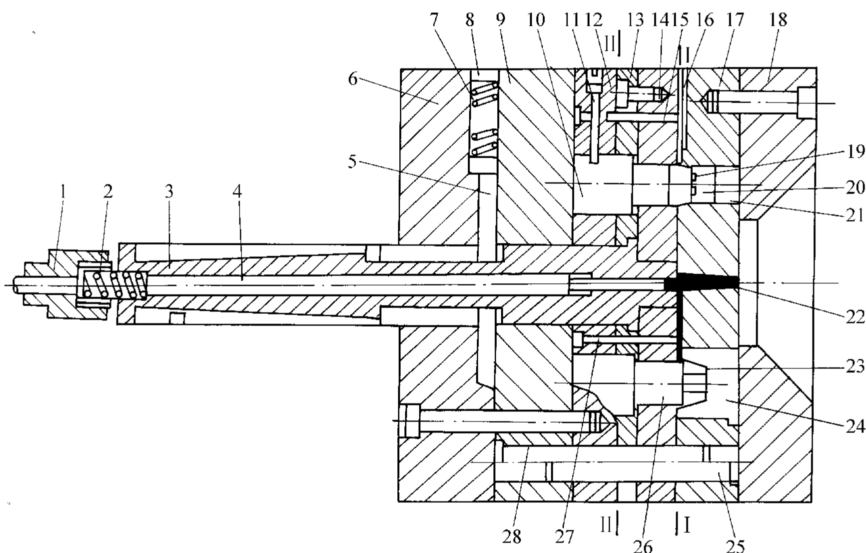


图 6-39　按键双色注塑模结构

1—调节杆　2、7—弹簧　3—螺旋轴　4—推杆　5—导滑销　6—动模座板
8—压块　9—支承板　10—字符型芯　11—定位销　12—动模固定板
13、14—回转板　15、27—拉料杆　16、22—主流道　17—定模固定板
18—定模座板　19—字符嵌件　20—字符镶件　21—垫块　23—按键
24—按键母体镶件　25—定模导柱　26—按键型芯　28—回转板导柱

字符嵌件模具工作过程：字符嵌件型腔为第一型腔，按键母体型腔为第二型腔，合模第一次注射后，模具垂直上方的第一型腔的 12 个腔内注射了白色字符

嵌件。模具水平下方的第二型腔的 12 个按键母体腔在第一模时注射无字符的深色塑料按键，从第二模开始才注射深色塑料，将字符嵌件包封而成为带字符的按键。

开模时动模部分后退，Ⅰ—Ⅰ分型面首先分开。因为第一型腔成型字符嵌件部分，其浇口设计成潜伏浇口，此时潜伏浇口即与 12 个字符嵌件切断分离，但字符嵌件仍保留在动模部分中回转板 13、14 的型腔上，流道凝料由球形拉料杆 15 拉向动模一侧。第二型腔的浇口设计成侧浇口形式，成型的按键母体留在按键型芯 26 上，流道凝料由倒锥形冷料穴和球形拉料杆 27 拉向动模一侧。动模后退到使回转板全部脱离定模板上的导柱 25 后，动模继续后退，此时Ⅱ—Ⅱ分型面分开。依靠机床开合模机构推动螺旋轴 3 沿轴线向前移动一段距离，使回转板脱离回转板导柱 28 和按键型芯，同时使成型字符嵌件的流道凝料及成型按键母体的流道凝料从球形拉料杆 15、27 上脱落，按键母体也从按键型芯上脱落。倒锥形冷料穴中的凝料在弹簧的作用下推出冷料穴，此时回转板起推件板的作用。动模继续后退，机床开合模机构继续推动螺旋轴前进。此时螺旋轴在导滑销的作用下，一边沿轴线向前移动，一边绕轴线旋转 180°后，将第一型腔成型的字符嵌件旋转输送到第二型腔所在位置，第一次注射结束。

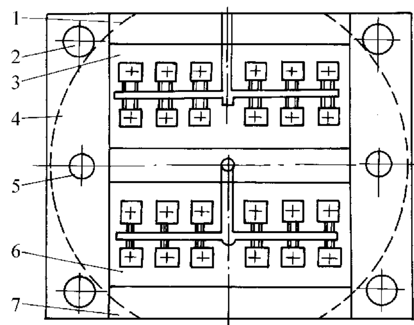


图 6-40　按键双色注塑模型腔布局

1、7—压板　2—定模导柱位置　3—字符嵌件型腔固定板　4—回转板轮廓　5—回转板导套位置　6—按键母体型腔固定板

第二次注射过程是：合模，定模将回转板压向动模，由于第二型腔尺寸大于第一型腔尺寸，通过回转板从第一型腔输送过来的字符嵌件套入第二型腔中。定模导柱首先导入动模导套，然后回转板导套导入动模上的回转板导柱，回转板上的 24 个型孔导入动模上的 24 个型芯，螺旋轴上的导滑销迫使螺旋轴在合模过程中沿轴向作直线运动而不发生旋转运动。合模后第一次注塑成型的 12 个字符嵌件由按键型芯正确压入按键型腔中的成型位置，然后进行第二次注射。

2. 多色单模的清色（分层）注塑成型及模具

在一台注塑机上装有一副注塑模和多副注塑装置进行注塑。如双色单模的双层注塑成型就是一种多色单模的分层注塑成型，它利用交叉分配喷嘴，分配式注入两种材料。这两种塑料由于注入型腔的顺序有先后，所以在型腔中分层凝固而形成双层塑件。

双组分的结构发泡注塑成型就是一种双色单模的双层注塑成型。第一次注射

留出第二次注射充模的空间，即第一次不充满，第二次充满。

如图 6-41 所示，在三机筒中盛三种不同的物料，通过分配喷嘴，可成型内、中、外不同物料的制件，也可成型同种物料不同颜色花纹制件。

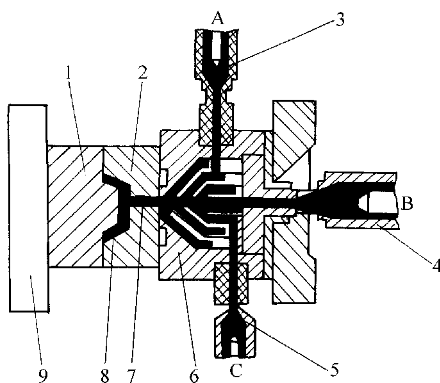


图 6-41　三注射头单模位注塑机

1—动模　2—定模　3—A 料注塑装置　4—B 料注塑装置　5—C 料注塑装置　6—熔料分配板　7—浇注系统　8—塑件　9—注塑机动模安装板

双层注塑模与通用型注塑模并没有什么大的不同，它是用一副模具得到双层的塑件。之所以能得到双层（双清色）的塑件，只是利用交叉分配喷嘴，分配式注射入两种材料。双组分的结构发泡注塑成型（夹芯注塑）也属于一种双层注塑成型。第一次注射留出第二次注射充填的空间，即第一次不充满，第二次充满。

在设计此类模具时，还要考虑以下几个特殊方面：

1）成型部分。由于某些塑料在注塑成型过程中，易产生挥发性气体，对腔体表面会产生腐蚀作用，所以要对型腔表面进行一些防护或强化处理，但模具的型腔结构比较简单。

2）浇注系统。要考虑与分配喷嘴的可靠连接。

3）排溢系统。由于型腔中的气体会对成型产生很多不良影响，故需在模具上设置排溢系统。

3. 多色单模的混色注塑成型及模具

在一台注塑机上装有一副注塑模和多套注塑装置。几套注塑装置按比例同时注入熔料并在混色喷嘴中进行混合，而后注入型腔成型。图 6-42a 所示的形式是在流道中设置了多孔板；图 6-42b 所示形式是将流道加工成弯曲状，以限制塑料流动，使它产生高度剪切的混合作用，从而达到颜料与塑料均匀混合的作用。

同双层注塑模（双色单模）一样，混色注塑模与通用型注塑模并没有什么大的不同。它是用一副模具得到混色的塑件，之所以能得到混色塑件，是因为利用混色喷嘴将多种颜料（或品种）的熔融塑料混合注入型腔中成型。

在设计此类模具时，要考虑的特殊方面如下所述：

1）成型部分，应对型腔表面进行一些防护或强化处理。

2）浇注系统，应和混色喷嘴可靠连接。

3）模具应设置排溢系统。

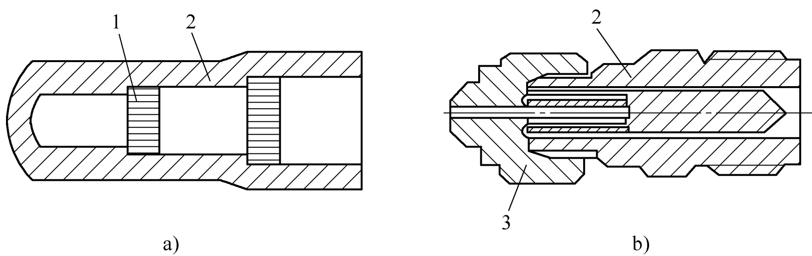


图 6-42　混色喷嘴

a）栅极型　b）迷宫型

1—多孔板　2—喷嘴体　3—喷嘴头

6.6.3　单色多模注塑成型

在一台注塑机上安装有多副注塑模和单一注塑装置，通过各副模具的运动或注塑装置的运动，依次对每副模具进行充填并成型。

单色多模注塑机是一种多工位的注塑机，它的注塑装置、合模装置与一般卧式注塑机相似，而合模装置采用了转盘式的结构（水平旋转、垂直旋转、直线运动）。

图 6-43 所示为水平旋转的转盘式注塑机。旋转台上可以装几副模具，随着旋转台的定时控制间断旋转，依次与注塑装置的喷嘴相接触，接受注射后转一角度，离开喷嘴进行冷却，然后再转一角度，启模取件。

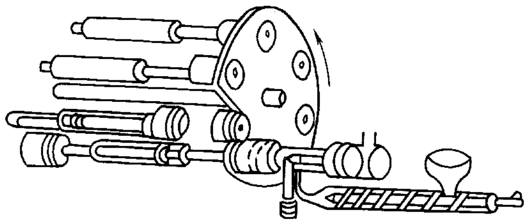


图 6-43　多模水平旋转式注塑机

图 6-44 所示是单色多模的立式旋转装置。其特点是转盘的轴线与注塑装置的轴线和安装基面垂直。图 6-45 所示是模具转盘不动，而注射座绕转盘中心旋转的注塑机，在每一个模位上可完成注射保压程序。

这种注塑机的主要优点是：可以充分利用注塑装置的塑化效率，并使成型周期大大缩短，特别适用于大批量的塑件生产。其缺点是：锁模力较小，在注射压力大的情况下，塑件容易产生溢边。

单个模具的总体结构与一般注塑模相同，但这种成型方法在注塑机的合模装置之间有多个注塑模。在设计时还要考虑以下一些特点：

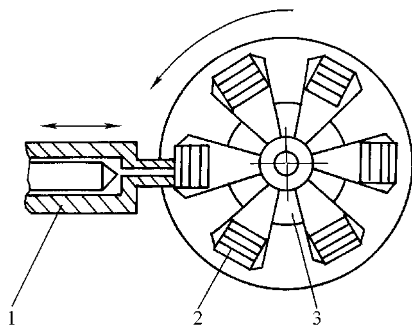


图 6-44　多模位立式旋转装置

1—注塑装置　2—模具　3—回转台

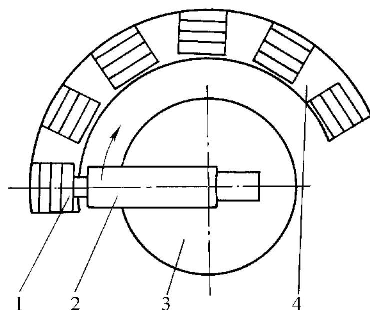


图 6-45　多模位注射头旋转装置

1—模具　2—注塑装置

3—回转台　4—模具安装台

（1）成型部分　在合模装置之间的多副注塑模可以是同种塑件的注塑模，也可以是不同品种塑件的注塑模。应尽量使各个模位的塑件质量和投影面积相近，以使各个模位的受力和注塑量均衡。另外，这种注塑成型的塑件一般较小。在每一个模位，注塑模都有单独的动模和定模部分。

（2）浇注系统　每一个模位的注塑模均有自己的浇注系统，轮到注射充模时，其都要与注塑机喷嘴接触。

（3）脱模机构　对于每一个模位的模具都有自己的脱模机构。当注塑机喷嘴不动、注塑模在旋转或运动时，注塑模位的模具完成注塑成型后，转到或运动到下一个模位而进行脱模。合模装置的开模行程要满足脱出并取出塑件和浇注系统的空间要求。开模时，合模装置间所有模位模具的动定模都要分开。在注塑机喷嘴转动或运动，而注塑模不动的情况下，在喷嘴转到或运动到下一个模位时，刚完成注塑成型的注塑模进行脱模。

（4）模体　对于水平旋转的注塑机，各副模具的中心应在喷嘴中心所在的回转半径上，且模位之间的相位角均等。对于立式旋转的注塑机，各副模具的中心应在同一回转半径上，且模位之间的相位角均等；另外，喷嘴应能与模具很好地接触，喷嘴中心线应与模具中心线在一条直线上。对于注射头旋转的注塑机，注射间的回转中心应在各模位的注塑模所在圆的圆心上，各注塑模应以等圆心角布置。

6.6.4　叠层式注塑成型

叠层式模具相当于将多副模具叠放组合在一起。这种模具往往需要有一个较长的主流道来输送熔体到模具中部。叠层式模具最适于成型大型扁平制件、小型多腔薄壁制件和需大批量生产的制件。最初的叠层式模具因使用普通流道，每次

注射都要去除流道，不能实现自动化生产，因而应用较少。当叠层式模具应用了热流道技术后，其应用才得到了较大的提高。

叠层式热流道模具的主流道设置在模具的中心部分。由于叠层式模具型腔有多个分型面，这意味着需要有一个机构使这些分型面能同时分型。与常规模具相比，这种模具锁模力只提高了5%～10%，但产量增加了90%～95%，可以极大地提高设备利用率和生产效率，节约成本。此外，由于模具制造要求基本上与常规模具相同，主要是将两副或多副型腔组合在一副模具中，所以模具制造周期可缩短5%～10%。因此，尽管这种模具的加工技术要求较高，同时对注塑机的开模行程要求也较大，但在工业上的应用前景较好。

1. 模具结构

图6-46所示是在一般注塑机上使用的叠层式注塑模结构形式。它是将两副或多副常规注塑模组合在一起，并加上热流道系统。该模具有3个主要组成部分，即中间部分、动模部分及定模部分。中间部分由装有热流道和向两侧供料的进料口的两块模板构成。在动模和定模部分都设置有推出装置，用机械、液压或气压等动力实现制件脱模。延伸式喷嘴外侧可用电阻丝加热。

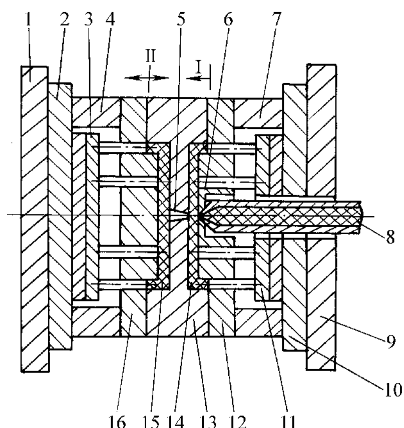


图6-46　叠层式注塑模

1—注塑机动模安装板　2—动模座板　3—塑件B推出机构　4、7—垫块　5—塑件
6—塑件A浇口　8—延伸式喷嘴　9—注塑机定模安装板　10—定模座板
11—塑件A推出机构　12—塑件A型芯板　13—型腔板（中间流道板）
14—塑件A　15—塑件B　16—塑件B型芯板

热流道系统通过模具的定模板部分进行延伸，当模具闭合时与注塑机喷嘴相连接。这一因素在安排型腔的排列时应考虑进去，推出零件决不能穿过热流道伸展区域。模具部分安装在动模板上，在脱模过程中，中间板沿注塑机轴向运动，将延伸部分同喷嘴脱开。流道的延伸部分必须足够长，这样在开模过程中，可避

免因熔料泄漏粘于导柱、导套而影响模具的运转。

2. 热流道系统

叠层式模具的热流道系统主要由喷嘴、歧管、热流道板（集流板）、加热装置等组成。喷嘴的形式有多种，常用的喷嘴有开式喷嘴、鱼雷梭式喷嘴和针阀式喷嘴。在使用开式喷嘴时往往会引起流延，除了在塑件表面造成疵点外，成型塑件的性能也会因此而降低，形成的冷料甚至可能堵塞浇口。通常新式机器都具有熔体减压（在模具打开之前注塑机螺杆后退）功能，或在热流道歧管的浇口衬套里设有一个膨胀腔来解决这个问题。然而必须注意的是，减压总是要保持在最低限度，以免在主流道、流道系统或浇口附近吸入空气。因此，叠式热流道系统一般多采用阀式热喷嘴。

3. 温控系统

叠层式热流道模具中的温控系统包括加热系统和冷却系统。加热系统的作用是保持流道中的塑料呈熔融状态，冷却系统的作用则是完成塑料和模具之间的热量交换。

加热系统中温度不能过低或过高。温度过低，塑料会在流道中形成较厚的固化层，影响实现连续注射；温度过高，可能导致塑料分解变色，在塑件上形成缺陷乃至报废。因此应严格控温，特别是新型高分子材料不断出现，温控要求的敏感度越来越高。设计冷却回路时，应考虑塑件的形状，冷却介质种类、温度、流速及冷却管道的布置等因素。

4. 开模机构

叠层式模具在开模时，不仅动模部分移动，中间部分也同时移动，即应同时打开两个分型面，并由两侧的推出机构使塑件脱模。目前，叠层式模具的开模方式一般是由铰接杠杆或齿条驱动来同步开模，也可使用液压系统（见图 6-47）。采用杠杆传动装置的模具运动平稳，中间板和推出机构的运动能在较长时间内加速，受力较小且磨损少。齿条开模机构在模具的

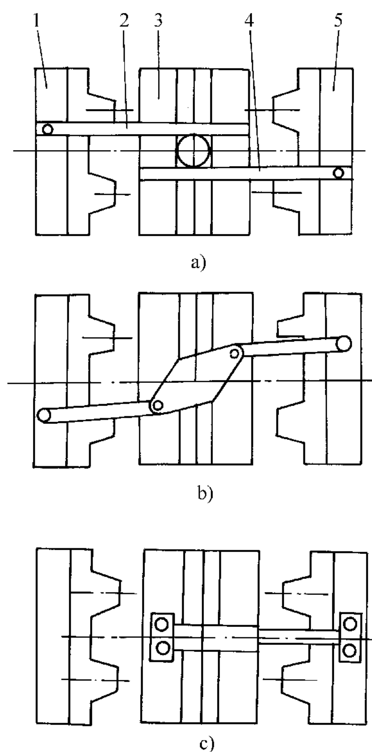


图 6-47　叠层式注塑模联锁机构

a）齿条驱动　b）铰接杠杆驱动　c）液压缸驱动

1—动模部分　2、4—齿轮齿条机构

3—中间流道板　5—定模部分

两边各有一根齿条，两根齿条与安装在中间部分的齿轮相啮合，通过导轨及齿条控制系统使模具在两个分型面同时开启。与液压驱动和铰接杠杆驱动相比，齿轮齿条驱动机构性能较好，也较经济，但用铰接杠杆移动模具的灵活性则更大。采用液压辅助开模更易控制开模时间，但结构较大。

叠层式模具在开合模过程中需要平稳而有效的支撑。有效的支撑方式有导柱支撑、上吊式横梁支撑、下导轨架支撑 3 种，支撑的种类应按模具结构来确定。用导柱及上横梁支撑有一定的作用，但是模具中央部分重量可能将导柱或横梁压弯，从而使分型面不能充分对齐。因此，这种支撑常会产生相当的定量偏斜，使模量不能充分对齐，以及分型面不完全准确闭合。用下支撑方式可以提供良好的支撑，但这需要横梁有很好的地基支撑。

用于直角式注塑机的叠层式模具，类似于在一般注塑机上使用的叠层式注塑模结构形式。由于这种注塑机垂直于模具安装方向进料，因而进料系统较为简单，只要将从侧向进料系统进入的熔料注入相对方向的型腔即可。不过这时模具有 3 个分型面，即图 6-47 中的型腔板（中间流道板）13 沿中间分开，增加一个分型面。

6.6.5 BMC 注塑成型

BMC 注塑成型是将由不饱和聚酯、苯乙烯树脂、矿物填料、着色剂和 10% ~30%（质量分数）的玻璃纤维增强材料等组成的块状塑料（命名为 BMC，属增强热固性塑料），通过液压活塞压入机筒内，在螺杆旋转作用下进行输送和塑化，并注塑。BMC 制件具有很高的电阻值、耐湿性和优良的力学性能以及较小的收缩率。因此，BMC 注塑成型可用来生产广泛应用于电子工业、家用电器方面的厚截面制件，如各种壳体和小零件等。

BMC 注塑成型时，模具的温度在 140 ~ 170℃之间；注塑机筒温度需严格控制，一般用循环液体加热，温度控制在 30 ~ 60℃；注射压力一般为 151MPa，注塑时间为 2 ~ 3s，螺杆转速为 30 ~ 60r/min。在 BMC 注塑机上装有特殊形式的料斗和供料装置。机筒开设有侧入口，以便与自动加料装置相连接。供料装置有液压活塞，可把模塑料压入塑化机筒内，在螺杆作用下进行输送和塑化。塑化螺杆的长径比一般为 20:1。

为了保持玻璃纤维的长度，以及准确地计量稳定塑化系统的压力，常采用深螺槽无压缩段的螺杆，并在机筒头部装上防流的针阀。

对于 BMC 注塑必须注意材料流动路线、流道结构尺寸，考虑尽量小的阻力或死角，防止材料流动困难或出现积料。BMC 注塑模属于一种热固性塑料注塑模，其结构设计与一般热固性塑料注塑模相同。值得注意的是，BMC 注塑模的温度在注塑时应加热到 140 ~ 170℃，用循环液体加热。

6.6.6　液态注塑成型

将液体从储存容器中先泵入混合头的混合室进行混合，然后再注入型腔，并经加热而固化成型。所用树脂属热固性塑料，如环氧树脂、低黏度的硅橡胶等。

液态注塑成型具有如下优点：

1）成型压力低，型腔压力每平方厘米仅有几十牛顿或几百牛顿。

2）物料黏度低，流动性好，很容易渗入封装件的狭小缝隙中。

3）在液态注塑机上不需要专用的塑化驱动装置。

4）容易看色、混合和填料。

其缺点是：

1）由于原料的黏度低，在运输和生产过程中容易混入空气，产生气泡，使用时需要脱气泡。

2）原料由主体树脂和固化剂组成，使用时才进行混合，当操作中断和结束时要清洗接触这些混合液料的混合器部件、装置。

3）使用的原料受限制。为了在型腔内固化，要求固化速度与注塑周期相匹配，原料不生成气体和水分等副产物。这使得液态注塑成型所用的原料价格比一般树脂贵很多。

液态注塑机可认为是一种广义的混色注塑机。如图 6-48 所示，设备的主要部分由供料部分、定量及注塑部分、混合及喷嘴部分组成。供料部分由原料罐和原料、加压筒等组成。在原料罐内装有加压板，通过压缩空气或液压泵作用向加压筒中的液体施压，使主料和固化剂经过入口阀门输送给定量注塑装置。定量注塑装置由两个往复式定量输出泵和注射缸组成。当主料和固化剂进入定量泵后，就经过出口阀和单向阀泵入预混合器装置内，然后在注射缸作用下，推动螺杆或柱塞将混合液料加压，并经过预混器、静态混合器和开关式喷嘴注入模具型腔。混合装置由机筒和静态混合器组成。另外在充满型腔后，模具加热进而固化成型。

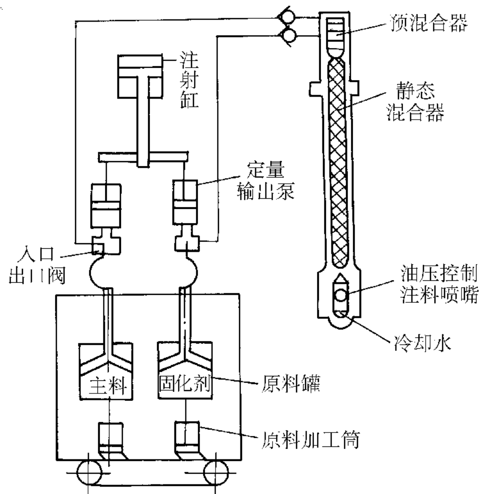


图 6-48　液态注塑成型设备工作原理

液态注塑模与一般热固性塑料注塑模基本相同，是一种热固性塑料注塑模。在注射充模结束后，需要对模具进行加热，使液态料固化定型。

6.6.7 反应注塑成型

反应注塑成型的实质是使能够起反应的两种液料进行混合注塑，并在模具中进行反应固化成型的一种方法。因此，反应注塑一般都包括两组液料的供给系统和液料泵出、混合及注塑系统。反应注塑可用来成型发泡制件和增强制件。目前开发的应用领域已十分广泛。如用聚氨酯零部件，在汽车制造业用来成型驾驶盘、坐垫、头部靠垫、手臂靠垫、阻流板、缓冲器、防振垫、遮光板，以及冷藏车、冷藏库等的夹芯板；在电器中用来成型电视机、扩音器、计算机、控制台外壳等；在民用建筑方面用来成型家具、仿木制品、管道、冷藏器、热水锅炉、冰箱等的隔热材料。用反应注塑还可以成型玻璃纤维增强聚氨酯发泡制品，用来成型汽车厢的内壁材料或地板材料，以及汽车的仪表面板等。

反应注塑机可认为是一种广义的混色注塑机。如图 6-49 所示，首先将储罐内不同物料按配比要求，经过计量泵送入混合头。各组分的料在混合头内流动过程中进行充分混合，混合后的料大约在 10 ~ 20MPa 的压力下注入模内，入模后立即进行化学反应。当一次计量完毕立即关闭混合头，各组分自行循环。

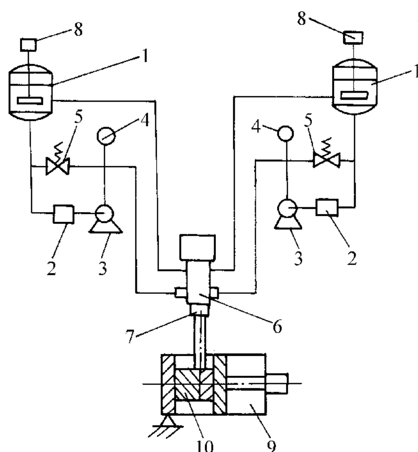


图 6-49 反应注塑

1—原料储罐 2—过滤器 3—计量表 4—压力表 5—安全阀 6—注塑器 7—混合头（能自清洗） 8—搅拌器 9—合模装置 10—模具

对反应注塑机的要求有以下两点：

1）流量及混合比率要准确。

2）能快速加热或冷却原料，节省能源。

反应注塑模属于一种热固性塑料注塑模，其结构与一般热固性塑料注塑模一样。在设计时，还要考虑由于在型腔中发生显著的化学变化，所以要对成型表面进行特殊设计，如防护、强化等。此外，也要考虑模具的排气设计。

6.6.8 逆流注塑成型

为了用塑件代替轻金属合金材料制件，研制出了一种液晶聚合物注塑材料。这种液晶聚合物的棒状分子呈现一种特殊化学结构，其密度比轻金属小，而成分中的纤维使材料强度接近于轻金属。与增强纤维的塑料相比，液晶聚合物的黏度低，因而可利用复杂流道成型薄壁塑件。但这种材料在成型时，必须使型腔内熔料的流动方向对液晶聚合物的纤维取向，为此开发出了专门的逆流注塑成型

技术。

逆流注塑成型是由具有适当电子控制装置的多喷嘴注塑机与模具相配合进行成型的，如图 6-50 所示。注塑机上相互垂直排布的主注塑装置 5 和副注塑装置 1 分别与模具上的进料口和出料口相对应。模具上除开设进料道及进料薄膜浇口 4 外，还开设了流出熔料的薄膜浇口 3。在注塑时，熔料由主注塑装置 5 注入型腔中，而副注塑装置 1 倒转，使型腔中的熔料进入其中。这种熔料流过型腔的充填过程使熔料处于限定和规定的压力之下。此压力可利用作用于两个螺杆上的液压差精确地加以控制。用调换方向和压力数据的方法可以使流动熔料适合于特殊要求，即形成特定的纤维取向和整齐排列。充填之后，每个螺杆的轴向运动停止，对主、副螺杆所施加的压力产生保压，以消除收缩。塑件冷却固化后，即可脱模。

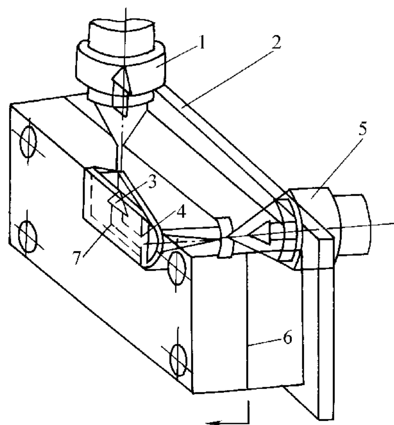


图 6-50　成型板形塑件的逆流注塑模
1—副注塑装置　2—定模座板　3—流出熔料的薄膜浇口　4—薄膜浇口　5—主注塑装置　6—分型面　7—流过型腔的熔料

逆流注塑模的主要特点是每一型腔都具有与注塑装置相配合的进料口、流道和浇口，以及与副注塑装置相配合的出料口、流道和浇口。在设计模具时，应保证在一定的时间内有足够的熔料流过型腔。选用浇口的类型应避免出现喷射现象，并使熔料能从中心均匀地进入型腔。例如，成型板类塑件时，应选用带扇形分配器的薄膜浇口。

由于逆流注塑工艺所生产的塑件在航空航天领域中显示了巨大的应用潜力，且现已发现，逆流注塑成型工艺的优点不仅在于能成型工业液晶聚合物，而且还可用于难加工的高温和高性能热塑性塑料（PES、PPS、PEK、PEEK、PAI、PE 等），因而针对不同的塑料原材料，逆流注塑模具的结构和设计技术还将不断丰富和完善。

第 7 章　注塑模用的模具材料

模具的使用寿命除取决于模具的结构设计及其使用与维护情况外，最根本的问题是制模材料的基本性能是否和模具的加工要求与使用条件相适应。因此，根据模具的结构和使用情况，合理选择塑料成型模具的材料，是模具设计人员的重要任务之一，也是塑料成型模具设计和制造的关键问题，它对提高模具寿命、降低成本、提高制件的质量有着重要的意义。

目前，制模材料仍以钢材为主，但根据塑料的成型工艺条件，也可采用低熔点合金、低压铸造铝合金、铍青铜和其他非金属材料（如环氧树脂）等。

7.1　模具钢的基本要求

塑料成型模具中的成型零件是成型塑料制件的主要零部件，它直接影响塑料制件的质量和外观。因此，合理选择成型零件的材料是很重要的。目前，在制造塑料模具成型零件的材料中，用得较多的是钢材。选择塑料模具成型零件的材料时，不仅要考虑塑料成型模具材料的物理性能和化学性能（如力学性能、耐磨性、耐蚀性、韧性和导热性能等），要求材料的组织必须均匀、化学稳定性好、合金偏析度小（如钢材必须结构紧密，内部无气孔、裂纹、杂质等缺陷），还要考虑模具制造有关的因素（如加工方法、加工性能、热处理性能、焊接性能、抛光性能等）。此外，还需考虑成型塑料制件的塑料种类及特点、成型工艺方法、形状、尺寸和精度要求，塑料制件生产批量，使用的可靠性与经济性等。为此，必须了解各类塑料成型模具的工作条件、失效形式及基本性能要求。基本上应具备以下性能：

1. 加工性能良好，热处理后变形小

因为模具零件往往形状复杂，而在淬火以后加工又很困难，所以在选择模具材料时，应尽量选择热处理后硬度均匀一致、变形小的钢材，尤以后者最为重要。模具零件也可以先进行粗加工，然后，再进行调质处理，但调质后的硬度不得高于300HBW，其目的是便于机械加工和钳工加工。热处理后的材料变形即便大一些，也没有关系，因为粗加工后的半成品，还要进行精加工才达到图样的要求。

2. 抛光性良好

塑件常要求具有良好的光泽和表面状态，因而型腔必须很好地抛光。因此，选用的钢材不应有粗糙的杂质和气孔等。

3. 耐磨性良好

塑件的表面粗糙度和尺寸精度，都和模具表面的耐磨性有直接关系。特别是含硬质填料或玻璃纤维的塑料，就更要求型腔表面硬度要足够，而且既要有良好韧性，又要有很高的耐磨性，可经受操作中对模具的机械损伤。

4. 心部强度高

除表面硬度以外，选用的钢材应有足够的心部强度。注塑模要经很大的注塑压力和锁模压力，挤压性能要好，所以必须考虑模具钢材的心部强度。

5. 耐蚀性良好

塑料及其添加剂对钢的表面有化学腐蚀作用，所以要选用耐腐蚀的钢材或进行镀铬、镀镍处理。

7.2　常用钢材

1. 碳素结构钢

碳素结构钢分为正常含锰钢和较高含锰钢。正常含锰钢塑料模具制造中常用的有 15、20、40、45、50 等牌号；常用的较高含锰钢有 15Mn、20Mn、40Mn、45Mn、50Mn 等牌号。

碳素结构钢中应用最广泛的一种是 45 钢，其优点是具有良好的切削性能，有一定的强度和耐磨性。因此，常用来制造形状较为简单的塑料模型腔、型芯等成型零件，也可用来制造对强度要求较高的固定板、支承板、复位杆等结构零件。缺点是热处理后变形大，加工前尚需对钢材料进行正火或调质处理，加工后零件不再进行热处理。正火后的钢材，只能适用于小型、小批量的塑料模型腔以及强度要求不高的零件；调质后的钢材，适用于中小批量的较复杂的塑料模型腔，以及强度和韧性要求较高的支承板、推件板等。如果零件加工后需经淬火处理，使其具有较高的硬度和耐磨性，则 45 钢只能适用于形状较简单的零件。15 钢和 20 钢经渗碳和淬火处理，可制造导柱、导套和其他一些要求耐磨的零件，经过表面渗碳处理后，其表面坚硬而中心具有良好的韧度。

低碳钢 Q235、Q275 等具有良好的塑性、冷变形性能，价廉，但强度不高，硬度较低，适用于强度要求不高的一般结构零件，如手柄，支架，动、定模套板等。

常用碳素结构钢的化学成分和力学性能，见表 7-1、表 7-2。

表 7-1　碳素结构钢的化学成分　　（质量分数,%）

钢号	碳	硅	锰	磷	硫	铬	镍
普通含锰量钢							
15	0.12~0.19	0.17~0.37	0.35~0.65	≤0.040	≤0.04	≤0.25	≤0.25
20	0.17~0.24	0.17~0.37	0.35~0.65	≤0.040	≤0.04	≤0.25	≤0.25
40	0.37~0.45	0.17~0.37	0.50~0.80	≤0.040	≤0.04	≤0.25	≤0.25

（续）

钢号	碳	硅	锰	磷	硫	铬	镍
普通含锰量钢							
45	0.42～0.50	0.17～0.37	0.50～0.80	≤0.040	≤0.04	≤0.25	≤0.25
50	0.47～0.55	0.17～0.37	0.50～0.80	≤0.040	≤0.04	≤0.25	≤0.25
较高含锰量钢							
15Mn	0.12～0.19	0.17～0.37	0.70～1.00	≤0.040	≤0.04	≤0.25	≤0.25
20Mn	0.17～0.24	0.17～0.37	0.70～1.00	≤0.040	≤0.04	≤0.25	≤0.25
40Mn	0.37～0.45	0.17～0.37	0.70～1.00	≤0.040	≤0.04	≤0.25	≤0.25
45Mn	0.42～0.50	0.17～0.37	0.70～1.00	≤0.040	≤0.04	≤0.25	≤0.25
50Mn	0.48～0.56	0.17～0.37	0.70～1.00	≤0.040	≤0.04	≤0.25	≤0.25

表 7-2 碳素结构钢的力学性能

钢号	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	断后伸长率(%)	断面收缩率(%)	冲击韧度/(kJ/m^2)	硬度 HBW	
						热轧钢	退火钢
	≥					≤	
普通含锰量钢							
15	225	372	27	55	—	143	—
20	245	412	25	45	—	156	—
40	335	568	19	45	470	217	187
45	355	597	16	4	390	241	197
50	372	627	14	40	310	241	207
较高含锰量钢							
15Mn	245	412	26	55	—	163	—
20Mn	274	451	24	50	—	197	—
40Mn	352	588	17	45	470	229	207
45Mn	372	617	15	40	390	241	217
50Mn	392	647	13	40	310	255	217

2. 碳素工具钢

碳素工具钢分为优质钢和高级优质钢。模具制造中常应用的优质钢有 T7、T8、T9、T10、T13 等牌号；常用的高级优质钢有 T7A、T8A、T9A、T10A、T13A 等牌号。

碳素工具钢中的 T8、T10 经常用来制造导柱和导套，有时也用来制造需要硬度较高的简单成型零件和结构零件。这类钢材淬火后有较高的强度和耐磨性，缺点是热处理的淬透性低，变形较大，所以淬火后需要经过磨削加工来矫正变

形。由于它的耐蚀性较差，因此对使用于醋酸纤维塑料及含氯、氟塑料等的模具，必须在成型零件淬硬后，表面镀铬，以增加抗腐蚀能力，并使塑件成型后容易脱模。为了消除淬火后型腔的变形，这种钢可淬硬后用电加工成形型腔。

常用碳素工具钢的化学成分和热处理硬度，见表 7-3、表 7-4。

表 7-3　碳素工具钢的化学成分　　（质量分数,%）

钢号	碳	锰	硅	硫	磷
				≤	
优　质　钢					
T7	0.65～0.74	0.20～0.40	0.15～0.35	0.030	0.035
T8	0.75～0.84	0.20～0.40	0.15～0.35	0.030	0.035
T9	0.85～0.94	0.15～0.35	0.15～0.35	0.030	0.035
T10	0.95～1.04	0.15～0.35	0.15～0.35	0.030	0.035
T12	1.15～1.24	0.15～0.35	0.15～0.35	0.030	0.035
高级优质钢					
T7A	0.65～0.74	0.15～0.35	0.15～0.35	0.020	0.030
T8A	0.75～0.84	0.15～0.35	0.15～0.35	0.020	0.030
T9A	0.85～0.94	0.15～0.35	0.15～0.35	0.020	0.030
T10A	0.95～1.04	0.15～0.35	0.15～0.35	0.020	0.030
T12A	1.15～1.24	0.15～0.35	0.15～0.35	0.020	0.030

表 7-4　碳素工具钢的热处理硬度

钢　　号	退火后钢的硬度		淬火后钢的硬度	
	硬度 HBW ≤	$d=10$mm，$F=29.4$kN 压痕直径/mm ≥	淬火温度/°C	硬度 HRC ≥
T7，T7A	187	4.4	800～820，水淬	62
T8，T8A	187	4.4	780～800，水淬	62
T9，T9A	192	4.33	760～780，水淬	62
T10，T10A	197	4.3	760～780，水淬	62
T12，T12A	207	4.2	760～780，水淬	62

3. 合金结构钢

在制造塑料模具时，对于复杂的型腔和型芯，常用合金结构钢来制造。合金结构钢的种类也很多，但常用来制造模具的有铬钢（40Cr）、铬锰钛钢（18CrMnTi）、铬钼钢（12CrMo）、铬钼铝钢（38CrMoAlA）等。其中 12CrMo 和 38CrMoAlA 应用较多，可制造凸模和凹模等主要零件。这类钢材热处理前具有较好的切削性能，热处理后变形小。尤其是 38CrMoAlA 材料，如果进行渗氮处理，

不仅能获得表面坚硬中心柔韧的性能，而且较使用其他合金钢经济。

常用合金结构钢的化学成分和力学性能见表 7-5、表 7-6。

表 7-5 合金结构钢的化学成分 （质量分数,%）

钢号	碳	硅	锰	铬	钼	钨	钒	其他
铬钢 (40Cr)	0.37～0.45	0.17～0.37	0.50～0.80	0.80～1.10	—	—	—	—
铬锰钛钢 (18CrMnTi)	0.16～0.24	0.17～0.37	0.80～1.10	1.00～1.30	—	—	—	钛 0.06～0.12
铬钼钢 (12CrMo)	0.15	0.17～0.37	0.40～0.60	0.40～0.60	0.40～0.55	—	—	—
铬锰钼钢 (15CrMnMo)	0.12～0.18	0.17～0.37	0.80～1.10	1.00～1.30	0.20～0.30	—	—	—
铬锰钼钢 (40CrMnMo)	0.37～0.45	0.17～0.37	0.90～1.20	0.90～1.20	0.20～0.30	—	—	—
铬钼铝钢 (38CrMoAlA)	0.35～0.42	0.17～0.37	0.30～0.60	1.35～1.65	0.15～0.25	—	—	铝 0.70～1.10

表 7-6 合金结构钢的力学性能

钢号	热处理					热处理后的力学性能					退火或回火状态硬度HBW ≤
	淬火			回火		抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	断后伸长度(%)	断面收缩率(%)	冲击韧度/(kJ·m^{-2})	
	温度/°C		淬火冷却介质	温度/°C	冷却剂						
	第一次淬火	第二次淬火				≥					
40Cr	850		油	500	水或油	980	784	9	45	470	207
18CrMnTi	880	870	油	200	水或油	980	784	10	50	550	217
12CrMo	900	—	空气	650	空气	412	265	24	60	1100	156
15CrMnMo	860	—	油	190	空气	931	686	11	50	470	197
40CrMnMo	850	—	油	600	水或油	980	784	10	45	630	241
38CrMoAlA	940	—	油	640	水或油	980	833	15	50	550	229

4. 合金工具钢

合金工具钢的种类很多，但常用的有铬锰钼钢（5CrMnMo）、铬镍钼钢（5CrNiMo）、铬钨钒钢（3Cr2W8V）、铬钨锰钢（CrWMn，9CrWMn）、铬钼钒钢（Cr12MoV）等。这类钢材的特点是具有较好的淬透性、强度和韧度、耐磨性及耐热性，但加工性能较差，加工前需要进行退火处理，退火后的硬度仍可能在30HRC左右。其中5CrMnMo和5CrNiMo钢在热处理后变形较小，因此，适用于制造各种复杂的塑料模。另外，CrWMn和3Cr2W8V也可以用来制造复杂的模

具。这类钢在热处理后的耐磨性和耐热性也比较好，在热处理后变形也很小，因此，对于复杂的嵌镶件、侧滑动成型芯、固定式成型芯，螺纹型环和螺纹型芯等，都可以用这种钢来制造。Cr12MoV 的热处理变形小，耐磨性高，适用于高生产率的压塑模具的成型零件和冷挤型腔用的凸模，同类型钢材还有 Cr12。

常用合金工具钢的化学成分及热处理硬度，见表 7-7、表 7-8。

表 7-7　合金工具钢的化学成分　（质量分数,%）

钢　号	碳	锰	硅	铬	钨	钒	钼
铬锰钼钢（5CrMnMo）	0.50～0.60	1.20～1.60	0.25～0.60	0.60～0.90	—	—	0.15～0.30
铬钨钒钢（3Cr2W8V）	0.30～0.40	0.20～0.40	≤0.35	2.20～2.70	7.50～9.00	0.20～0.50	0.15～0.30
铬钨锰钢（CrWMn）	0.90～1.05	0.80～1.10	0.15～0.35	0.90～1.20	1.20～1.60	—	—
铬钨锰钢（9CrWMn）	0.85～0.95	0.90～1.20	0.15～0.35	0.50～0.80	0.50～0.80	—	—
铬钼钒钢（Cr12MoV）	1.45～1.70	≤0.35	≤0.40	11.00～12.50	—	0.15～0.30	0.40～0.60
铬镍钼钢（5CrNiMo）	0.50～0.60	0.50～0.80	≤0.35	0.50～0.80	镍 1.40～1.80	—	0.15～0.30

表 7-8　合金工具钢的热处理硬度

钢　号	硬　度		
	交货状态硬度 HBW	淬　火　后	
		淬火温度/°C	硬度 HRC≥
铬锰钼钢（5CrMnMo）	241～197	820～850，油淬	50
铬钨钒钢（3Cr2W8V）	255～207	1072～1125，油淬	46
铬钨锰钢（CrWMn）	255～207	800～830，油淬	62
铬钨锰钢（9CrWMn）	241～197	800～830，油淬	62
铬钼钒钢（Cr12MoV）	255～207	950～1000，油淬	58
铬镍钼钢（5CrNiMo）	241～197	830～860，油淬	47

7.3　模具钢的选用和热处理

7.3.1　钢材的选用原则

在模具设计与制造过程中，如何合理选择和使用金属材料，是一项十分重要

的工作，它对提高模具寿命、降低成本、提高制件的质量有着重要的意义。因此，在选材方面应作全面考虑，对塑料成型模具中各种零件要根据不同的应用条件合理地选择，主要应注意以下几点：

1. 根据模具各零件的功用合理选择

对于与熔体接触并受熔体流动摩擦的零件（成型零件和浇注系统零件）和工作时有相对运动摩擦的零件（导向零件、推出和抽芯零件），以及重要的定位零件等，应根据不同情况选用优质碳素结构钢、合金结构钢或合金工具钢等，并根据其工作条件提出热处理要求。对于其他结构零件，视其重要性可选用优质碳素结构钢或普通碳素结构钢。较重要的需经过热处理，有的不需要提出热处理要求。

2. 根据生产批量、模具精度要求进行选择

生产批量较小或试制产品的模具，可选用优质碳素结构钢（一般为 45 钢）；对于高精度的模具，生产量又大的情况下，可选用微变形钢或预硬钢。

3. 根据模具的加工方法和复杂程度进行选择

对于结构复杂的型腔，采用机械加工方法，可选用热处理变形小的合金工具钢；采用冷挤压成型的简单型腔，则可选用较好韧性和塑性的优质碳素结构钢。

4. 根据塑料特性进行选择

对于成型含有矿物填料的塑料模具，成型零件宜选用耐磨性较好的合金工具钢；对于成型过程中易于析出腐蚀性产物的塑料模具，宜对所选材料进行镀铬或选用耐蚀钢。

总之，在选择模具钢材时，既要考虑满足模具加工使用中的要求，更要考虑我国当前模具钢生产的状况。在满足使用要求的前提下，尽量选用生产量大、价格较低的钢材。

7.3.2 模具零件热处理

模具零件热处理常采用的工序有正火、退火、淬火、调质、回火。注塑模具常用材料及热处理见表 7-9。

表 7-9 注塑模具零件常用材料及热处理

零件类型	零件名称	材料牌号	热处理方法	硬度	说明
成型零件	凹模 凸模 成型镶件 成型推杆等	T8A，T10A	淬火	54～58HRC	用于形状简单的小型腔、型芯
		CrWMn 5CrNiMo Cr12MoV Cr12	淬火	54～58HRC	用于形状复杂、要求热处理变形小的型腔、型芯或镶件和增强塑料的成型模具
		18CrMnTi 15CrMnMo	渗碳、淬火	54～58HRC	

（续）

零件类型	零件名称	材料牌号	热处理方法	硬度	说　　明
成型零件	凹模 凸模 成型镶件 成型推杆等	40CrMnMo	淬火	54～58HRC	用于高耐磨、高强度和高韧性的大型型芯、型腔等
		38CrMoAlA	调质渗氮	1000HV	用于形状复杂、要求耐腐蚀的高精度型腔、型芯
		45	调质 淬火	22～26HRC 43～48HRC	用于形状简单、要求不高的型腔、型芯
模体零件	垫板 浇口板 锥模套	45	淬火	43～48HRC	
	动、定模板 动、定模座板	45	调质	230～270HBW	
	固定板	45 Q235	调质	230～270HBW	
	推件板	T8A，T10A 45	淬火 调质	54～58HRC 230～270HBW	
浇注系统零件	主流道衬套 拉料杆 拉料套 分流锥	T8A，T10A	淬火	50～55HRC	
导向零件	导柱	20 T8，T10	渗碳、淬火 淬火	56～60HRC	
	导套	T8A，T10A	淬火	50～55HRC	
	限位导柱 推板导柱 推板导套 导钉	T8A，T10A	淬火	50～55HRC	
抽芯机构零件	斜导柱 滑块 斜滑块	T8A，T10A	淬火	54～58HRC	
	楔块	T8A，T10A 45	淬火	54～58HRC 43～48HRC	
推出机构零件	推杆 推管	T8A，T10A	淬火	54～58HRC	
	推块 复位杆	45	淬火	43～48HRC	

（续）

零件类型	零件名称	材料牌号	热处理方法	硬度	说　明
推出机构零件	挡块	45	淬火	43～48HRC	
	推杆固定板 卸模杆固定板	45，Q235			
定位零件	圆锥定位件	T10A	淬火	58～62HRC	
	定位圈	45，Q235			
	定位螺钉 限位钉 限制块	45	淬火	43～48HRC	
支承零件	支承柱	45	淬火	43～48HRC	
	垫块	45，Q235			
其他零件	加料圈 柱塞	T8A，T10A	淬火	50～55HRC	
	手柄 套筒	Q235			
	喷嘴 水嘴	黄铜			
	吊钩	45，Q235			

塑料模具零件热处理工序见表7-10，塑料模具主要零件热处理工序见表7-11，塑料模具热处理工艺规范见表7-12。

表7-10　注塑模具零件热处理工序

工序名称	定　义	目　的	方　法	应　用
正火	把钢加热到临界温度以上，保温一段时间，随后在空气中进行冷却，从而得到珠光体型转变产物的操作过程	代替低碳钢的完全退火，提高其韧性，改善加工性能，提高表面粗糙度等级	1）加热到临界温度以上，加热时随炉加热给定温度并均匀烧透 2）保温一段时间(一段为加热时间的1/3～1/2) 3）在静止的空气中冷却	作为预备热处理，为最终热处理做准备
退火	把钢加热到临界点以上某一温度，烧透后保温一段时间，然后使工件随炉冷却的操作过程	1）消除表面硬化现象 2）消除金属内的残余应力，便于以后的机械、电加工	1）将钢件加热到临界点以上温度 2）烧透后保温一段时间 3）随炉冷却或在土灰、石英砂中缓慢冷却	用于模具的铸钢件、锻件或冷挤压件，改变由于锻造产生的内应力，降低由于冷作硬化而形成的硬度，便于机械加工及电加工成形

（续）

工序名称	定　　义	目　　的	方　　法	应　　用
淬火	将钢件加热到临界点以上（淬火温度），保温一段时间，烧透后，置入水中（油中或碱液中）冷却的操作过程	为了提高零件的硬度及耐磨性	1）将零件加热到淬火温度，烧透 2）保温一段时间 3）出炉放在水中或油中冷却	淬火是模具制造不可缺少的工序，如凸、凹模经淬火后，提高了表面硬度和耐磨性，增加了模具的使用寿命
回火	将淬火后的零件，加热到临界点以下的一定温度，在该温度下停留一段时间，然后冷却下来的操作过程	消除淬火后的内应力，适当降低钢的硬度，以提高钢的韧性	将零件淬火后紧接着放在炉内加热到临界点以下一定温度（回火温度），保温一段时间后，冷却	模具零件淬火后马上进行回火处理，以提高钢的韧性，提高模具的耐用度
调质	将淬火后的钢制零件，进行高温回火，这种双重热处理的操作称为调质	细化晶粒，以提高零件的加工性能和冲击韧度	把淬过火的钢件加热到 500 ~ 600°C，保温一段时间，随后冷却下来	作为模具零件淬火及氮碳共渗前的中间热处理
渗碳	将钢件放在含碳的介质中（气体、固体、液体），使其加热到一定温度，将碳渗入到钢表面的操作过程	提高零件表面的含碳量，继续热处理后，得到高硬度而耐磨的表面及韧性良好的心部	1）在盐浴内进行渗碳处理，主要成分是碳化硅 2）在气体炉中利用丙烷气体作主要原料进行渗碳处理 3）采用固体渗碳	渗碳后，提高了零件表面的含碳量，淬火后提高了表面硬度及耐磨性，故在模具制造中常对导柱、导套进行渗碳处理

表 7-11　注塑模具主要零件热处理工序

零件加工方法	材　　料	工 序 安 排
采用冷挤压成形模具	10，20，20Cr	锻造→正火或退火→粗加工→冷挤压型腔（多次挤压时，中间需退火）→机械加工成形→渗碳或碳氮共渗→淬火及回火→钳修抛光→镀铬→钳工装配
直接淬硬	T7A，T10A CrWMn 5CrMnMo	锻造→退火→机械粗加工→调质或高温回火→精加工→淬火及回火→钳修抛光→镀铬→钳工装配
精加工在调质后进行	各种钢材	锻造→退火→机械粗加工→调质→精加工成形→钳修、抛光→镀铬（或其他表面硬化处理）→钳工装配
采用合金渗碳钢制作模具	12CrNi3A 18CrMnTi	锻造→正火 + 高温回火→精加工成形→渗碳→淬火及回火→钳修抛光→镀铬→钳工装配

表 7-12 注塑模具热处理工艺规范

工序安排	工艺规范	钢材牌号					
		20	20Cr	45	12CrNi7	CrWMn	18CrMnTi
正火	加热温度/°C	890 ~ 920	870 ~ 900	—	885 ~ 940	—	950 ~ 970
	加热时间/h	烧透	烧透		烧透		烧透
	冷却方法	空冷	空冷		空冷		风冷
退火	加热温度/°C	880 ~ 900	860 ~ 890	820 ~ 840	870 ~ 900	—	—
	保温时间/h	2 ~ 4	2 ~ 4	2 ~ 4	2 ~ 4		
	冷却速度/(°C/h)	≤100	≤80	≤100	≤50		
高温回火	加热温度/°C	680 ~ 720	700 ~ 720	680 ~ 720	650 ~ 680	—	—
	加热时间/h	1 ~ 2	1 ~ 2	1 ~ 2	2 ~ 3		
	冷却方法	炉冷、空冷	炉冷、空冷	炉冷、空冷	空冷		
淬火	渗碳温度/°C	920 ~ 930	—	—	920 ~ 930	—	920 ~ 930
	淬火温度/°C	810 ~ 830	—	—	830 ~ 860	850 ~ 870	860 ~ 880
	冷却方法	水冷	—	—	油冷	油冷	油冷
回火	回火温度/°C 50 ~ 55HRC	300 ~ 340	—	—	—	300 ~ 340	—
	回火温度/°C 45 ~ 50HRC	360 ~ 380	—	—	—	380 ~ 400	—
	回火温度/°C 40 ~ 45HRC	400 ~ 420	—	—	—	400 ~ 440	—

7.4 新型塑料模具钢

我国过去无专用的塑料模具用钢，一般塑料模具用正火的 45 钢或 40Cr 钢经调质后制造，因而模具硬度低、耐磨性差和表面粗糙度值高，加工出来的塑料产品外观质量较差，而且模具使用寿命低。而精密塑料模具及硬度高的塑料模具采用 CrWMn、Cr12MoV 等合金工具钢制造，不仅机械加工性能差，而且难以加工复杂的型腔，更无法解决热处理变形问题。

近年来，在引进国外塑料模具钢的同时，自行研制和开发了一批新型塑料模具专用钢，这类钢大致可分为以下六类。

1. 预硬型塑料模具钢

这类钢在生产单位经过充分锻造加工后制成模块，预先热处理至要求的硬度，一般调质到 30 ~ 35HRC 后供使用单位制造模具。P20（3Cr2Mo）、718（3Cr2NiMo）是国际上使用最广泛的预硬型塑料模具钢，使模具的加工质量和寿命有所提高。

2. 易切削预硬钢

为了改善预硬型塑料模具钢的切削性，往往在预硬钢中加入易切削元素，如 S、Pb、Ca 等。我国研制了一些含硫易切削预硬型塑料模具钢，如 8Cr2S（8Cr2MnWMoVS）、SM1（Y55CrNiMnMoVS）和 S-Ca 复合易切削预硬型塑料模具钢 5NiSCa（5CrNiMnMoVSCa），可使钢在高硬度下的可加工性得到显著改善。

但 S 系易切削钢的各向异性较大，在截面增大时，硫化物的偏析比较严重。5NiSCa 钢采用了 S-Ca 复合易切削和喷射冶金技术，改善了硫化物的形态、分布和各向异性，在大截面中硫化物的分布仍比较均匀。5NiSCa 钢有高的淬透性和镜面抛光性，模具硬度为 35 ~ 45HRC，可顺利地进行各种加工。

预硬型塑料模具钢主要用于制造长寿命的、形状复杂的、要求尺寸精度高的大、中型塑料制件用模具。

3. 时效硬化型塑料模具钢

对于复杂、精密、长寿命的塑料模具，为了避免在其淬火热处理中产生的变形，发展了一系列时效硬化钢。

我国近年来研制的时效硬化钢有：25CrNi3MoAl、PMS（10Ni3Mn2MoAlCu）、SM2（20CrNi3AlMnMo）和 06Ni（06Ni6CrMoVTiAl）等。

这些钢在固溶处理后硬度很低（一般≤30HRC），可以很容易地进行切削加工。加工完成后，再进行时效硬化处理，获得要求的综合力学性能和耐磨性。由于时效处理变形很小，时效处理后不需再进行切削加工，即可得到精度很高的模具成品，使用寿命高于预硬型塑料模具钢。

4. 冷挤压成形塑料模具钢

一些型腔复杂的塑料模具采用冷挤压成形的方法，用淬硬的凸模直接压制出型腔来，省去型腔的切削加工，这对于成批生产的一种模具是十分经济的方法。模具加工后经过渗碳、淬火、低温回火后，具有高硬度、高耐磨性的表面和韧性良好的心部组织，可以制造各种要求耐磨性、良好韧性的模具。

这些钢的碳含量很低，一般为 0.1% ~ 0.2%（质量分数），硬度低，以保证在常温下，具有高塑性和低的变形抗力，以便进行型腔的冷挤压。

我国一般采用低碳钢和低碳合金钢，如 15、20、20Cr、12CrNi2、12CrNi3、20Cr2Ni4 和 20CrMnTi 等。我国研究的 LJ 钢即为专用的冷挤压成形塑料模具钢，其化学成分（质量分数,%）为：C≤0.08，Mn≤0.30，Si≤0.20，Cr≈3.50，Ni≈0.50，Mo≈0.40，V≈0.12。冷挤压成形后，经渗碳淬火和低温回火，表面硬度为 58 ~ 62HRC，心部硬度为 28HRC，模具耐磨性好，无塌陷及表面剥落现象，可用于制造形状复杂和受载荷较高的塑件成型模具。

5. 非调质塑料模具钢

这种钢不经调质处理，锻、轧后即可达到预硬硬度，有利于节约能源、降低生产成本、缩短生产周期。我国开发的这类钢有中碳锰硼系空冷贝氏体钢，可用于制造塑料模。

如近年来发展的 3Cr2MnMoVS 钢，在空冷条件下，100mm 厚的截面上硬度可以达到 40HRC 左右；非调质塑料模具钢 2Mn2CrVTiSCaRE（FT）中加入了 S、Ca、RE 作为易切削元素，比 S-Ca 复合系易切削塑料模具钢有更好的切削性能。

低碳 Mn、Mo、V、B 系非调质贝氏体型大截面塑料模具钢（B30），钢中加入 S、Ca 作为易切削元素，工业试生产表面 400mm 厚板坯热轧后空冷，硬度沿截面分布较均匀。

6. 耐腐蚀塑料模具钢

塑料制件在以化学性腐蚀塑料为原材料时，模具需具有耐蚀性，一般采用耐腐蚀钢制造。同时还需要有较好的耐磨性，常采用马氏体不锈钢和沉淀硬化型不锈钢，常用的钢种有：30Cr13、40Cr13（420）、95Cr18、05Cr17Ni4Cu4Nb 等。PCR（0Cr16Ni4Cu3Nb）是我国自行开发的一种耐腐蚀塑料模具钢，有较好的综合力学性能和良好的耐蚀性。

对于尺寸精度、表面粗糙度、模具寿命有特殊要求的高精度模具，可选用进口塑料模具钢，如美国的 P6、P20、PPT，日本的 HPM1、YAG，瑞典的 S136、S136H 等。

国外部分塑料模具钢材见表 7-13。

表 7-13　国外部分塑料模具钢材对照表

UDDEHOLM 瑞典钢厂	瑞典	美国	出厂硬度	主要成分（质量分数,%）						
				C	Cr	Ni	W	Mo	V	Mn
CALMAX	635	—	200HBW	0.6	4.5	—	—	0.5	0.2	—
ASSAB618	ASSAB618	P20	280～320HBW	0.38	1.9	—	—	0.15		1.5
IMPAX	718H	P20	330～370HBW	0.38	2.0	1.0		0.5		1.4
	718S	MODIFIED	290～330HBW							
RAMAXS	168	420	290～340HBW	0.33	16.7	—	—			
STAVAX	S136H	420ESR	290～330HBW	0.38	13.6	—	—	—	0.3	
	S136		215HBW	0.38	13.6	—	—	—	0.3	
ALUMEC89	PRODAX89	—	145HBW	—	—	—	—	—	—	
MOLDMAX30	MM30	—	26～32HRC		Be1.9，Co+Ni0.25					
MOLDMAX40	MM40	—	36～42HRC		Be1.9，Co+Ni0.25					
PROTHERM	PT18	—	190HBW		Be0.4，Ni1.8					

635 强度和韧性高，淬透性、焊接性好，火焰淬火硬度为 56～60HRC，淬火温度 960°C，300°C 的回火硬度为 58HRC，用于各类塑料的注塑模。

ASSAB618 预硬钢，硬度高，纯度高，组织均匀，大尺寸钢材加镍，不需淬火，亦可于型腔凸缘进行火焰淬火，提高硬度至 52HRC，用于抛光度高的模具，适合制作 PA、POM、PS、PE、PP、ABS 塑料件模具。

718H、718S 预硬钢，纯度高，组织均匀，含镍 1.0%（质量分数），火焰淬硬至 52HRC，用于各种通用型大、中、小型塑料模具。

168 为易加工不锈钢，耐蚀性好，硬度高，预硬型硬度为 52HRC，不需淬

火。与 S136H 配合成整组不锈钢模，可保证冷却不受锈蚀，适合制作 PVC、PP、EP、PC、PMMA 等塑料模具及食品工业机械构件。

S136 高精度镜面抛光、耐蚀性极佳，热处理变形小，淬火温度为1025°C，300°C 的回火硬度为 53HRC。用途同 168，用于耐腐蚀各类塑料模具。

MM30、MM40 高硬度铍铜合金，导热性优良，加工性、抛光性和耐蚀性优良，预加硬，不需固溶处理及时效处理，用于各类塑料的注塑模、吹气塑料樽模的颈圈、手柄及夹断部位。

PT18 铍铜合金，导热性极好，用于各类塑料的注塑模。

第 8 章　注塑模的装配及试模

8.1　注塑模装配

8.1.1　装配技术要求及生产流程

模具装配是把模具零件、组件或部件组装成一副完整模具的过程，相应地有组件装配、部件装配和总装三个步骤。模具装配既要保证配合零件的配合精度，还要保证零件之间的位置精度，对于彼此之间有相对运动的零件应保证运动精度。

模具装配是典型的钳工负责制的单件小批量组装，加之模具结构复杂各异，精度要求较高，这些特点从根本上决定了模具装配的方法和组织形式。互换装配法和分组装配法是以大批量生产和成组技术为基础的，要求所加工的零件具有很高的互换性，甚至具有完全互换性。这两种方法显然都不适于模具装配，所以，注射模具装配中普遍采用修配装配法及调整装配法，通过对某些零件的修磨或位置调整使之达到装配精度要求。这样既可以保证模具装配精度的要求，又不致于增加加工难度和加工成本。在组织形式上，模具装配现阶段多数还是在固定地点，由技术熟练的钳工完成所有的装配工作。

1. 注塑模的装配技术要求

（1）模具外观装配技术要求

1）模具非工作部分的棱边应倒角。

2）装配后的闭合高度、安装部位的配合尺寸、顶出形式、开模距离等均应符合设计要求及使用设备的技术条件。

3）模具装配后各分型面要配合严密。

4）各零件之间的支撑面要互相平行，平行度公差为 200mm 内不大于 0.05mm。

5）大、中型模具应设有起重吊钩、吊环，以便模具安装应用。

6）装配后的模具打刻动模与定模方向记号、编号、图号及使用设备型号。

（2）成型零件及浇注系统

1）成型零件的尺寸精度应符合设计要求。

2）成型零件及浇注系统的表面应光洁，无死角、塌坑、划伤等缺陷。

3）型腔分型面、流道系统、进料口等部位，应保持锐边，不得修整为

圆角。

4）互相接触的型芯与型腔、挤压环、柱塞和加料室之间应有适当间隙或适当的承压面积，以防在合模时零件互相直接挤压造成损伤。

5）成型有腐蚀性的塑料时，对成型表面应镀铬、抛光，以防腐蚀。

6）装配后，互相配合的成型零件相对位置精度应达设计要求，以保证成型制件尺寸、形状精度。

7）拼块、镶嵌式的型腔或型芯，应保证拼接面配合严密、牢固，表面光洁，无明显接缝。

（3）活动零件的装配技术要求

1）各滑动零件的配合间隙要适当，起、止位置定位要准确可靠。

2）活动零件导向部位运动要平稳、灵活、互相协调一致，不得有卡紧及阻滞现象。

（4）锁紧及紧固零件的装配技术要求

1）锁紧零件要锁紧有力、准确、可靠。

2）紧固零件要紧固有力，不得松动。

3）定位零件要配合松紧合适，不得有松动现象。

（5）推出机构装配技术要求

1）各推出零件动作协调一致、平稳、无卡阻现象。

2）有足够的强度、刚度和良好的稳定性，工作时受力均匀。

3）开模时应保证制件和浇注系统的顺利脱模及取出，合模时应准确退回原始位置。

（6）导向机构的装配技术要求

1）导柱、导套装配后，应垂直于模座，滑动灵活、平稳、无卡阻现象。

2）导向精度要达到设计要求，对动、定模具有良好导向、定位作用。

3）斜导柱应具有足够的强度、刚度及耐磨性，与滑块的配合适当，导向正确。

4）滑块和滑槽配合松、紧适度，动作灵活，无卡阻现象。

（7）加热冷却系统的装配技术要求

1）冷却装置要安装牢固，密封可靠，不得有渗漏现象。

2）加热装置安装后要保证绝缘，不得有漏电现象。

3）各控制装置安装后，动作要准确、灵活、转换及时、协调一致。

2. 装配生产流程

（1）装配前的准备

1）研究分析装配图、零件图，了解各零件的作用、特点和技术要求，掌握关键装配尺寸。

2）检查待装配的零件，确定哪些零件有配作加工内容。

3）确定装配基准。

4）清理模具零件。清洁、退磁、规整模具零件。

（2）装配和配作　详见下面有关小节。

（3）检验　在装配完成后进行全面的检验，以确定是否满足装配技术要求。

（4）试模和修正　将装配好的模具在注塑机上试模，找出模具存在的问题并加以修正，修正后再进行试模。模具基本合格后，进行表面处理和表面纹饰加工，然后再进行试模，直至模具检验合格为止。

（5）出厂或入库　将合格的模具清理干净，特别是型腔、型芯表面的残余塑料；并给动、定模打上方向标记、编号、生产日期等，涂上防锈油后出厂或入库。

8.1.2　组件的装配

注塑模装配时，一般是将相互配合零件先装配成组件（或部件），然后，再将这些组件（或部件）进行最后总装配和试模工作。对各组件（或部件）的装配可以分成以下几部分：

1. 型芯和固定板的装配

注塑模具的种类较多，模具的结构也各不相同，型芯和固定板的装配方式也不一样。

（1）小型芯的装配　图 8-1 所示为小型芯的装配方式。图 8-1a 所示装配方式的装配过程为：将型芯压入固定板。在压入过程中，要注意校正型芯的垂直度和防止型芯切坏孔壁，以及使固定板变形。压入后要在平面磨床上用等高垫铁支撑磨平 A 面。

图 8-1b 所示装配方式用于圆形型芯的固定。它是采用配合螺纹进行连接装配。装配时将型芯拧紧后，用骑缝螺钉定位。这种装配方式，对某些有方向性要求的型芯会造成螺纹拧紧后，型芯的实际位置与理想位置之间出现误差，如图 8-2 所示。α 是理想位置与实际位置之间的夹角。型芯的位置误差可以修磨固定板 a 面或型芯 b 面进行消除。修磨前要进行预装并测出 α 角度大小。a 或 b 的修磨量 Δ 按下式计算：

$$\Delta = \frac{s}{360^\circ}\alpha$$

式中　α——误差角度（°）；

　　s——连接螺纹螺距（mm）。

图 8-1c 所示为螺母装配式，型芯连接段采用 H7/k6 或 H7/m6 配合与固定板孔定位，两者的连接采用螺母紧固。当型芯位置固定后，用定位螺钉定位。这种

装配方式适合固定外形为任何形状的型芯及多个型芯的同时固定。

图 8-1d 所示为螺钉紧固装配。它是将型芯和固定板采用 H7/h6 或 H7/m6 配合将型芯压入固定板，经校正合格后用螺钉紧固。在压入过程中，应对型芯压入端的棱边修磨成小圆弧，以免切坏固定板孔壁而失去定位精度。

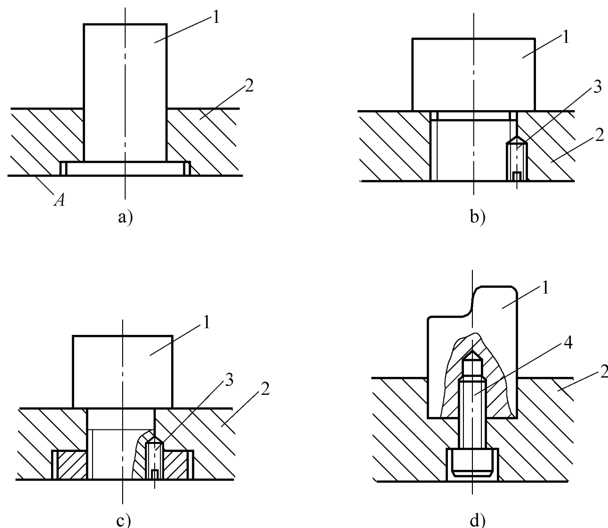


图 8-1　小型芯的装配方式

a）过渡配合装配　b）螺纹装配　c）螺母紧固装配　d）螺钉紧固装配

1—型芯　2—固定板　3—骑缝螺钉　4—螺钉

（2）大型芯的装配　大型芯与固定板装配时，为了便于调整型芯和型腔的相对位置，减少机械加工工作量，对面积较大而高度低的型芯一般采用图 8-3 所示的装配方式，其装配顺序如下：

1）在已加工成型的型芯上压入实心定位销套。

2）用定位块和平行夹头固定好型芯在固定板上的相对位置。

3）用划线或涂红粉的方式确定型芯螺纹孔位置，然后，在固定板上钻螺钉过孔及锪沉孔，用螺钉初步固定。

4）通过导柱、导套将卸料板、型芯和固定板装合在一起，将型芯调整到正确位置后，拧紧固定螺钉。

5）在固定板背面划出定位销孔位置，钻、铰销钉孔，并打入定位销定位。

2. 型腔的装配及修磨

（1）型腔的装配　塑料模具的型腔，一般多采用镶嵌式或拼块式。在装配后要求动、定模板的分型面接合紧密、无缝隙，而且同模板平面一致。装配型腔时一般采取以下措施：

1）型腔压入端不设压入斜度。一般将压入斜度设在模板孔上。

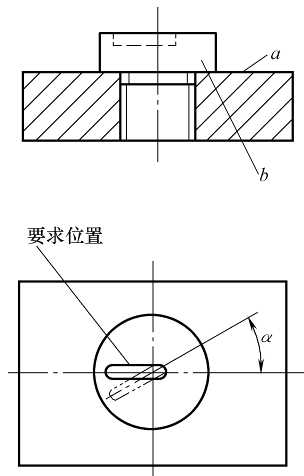


图 8-2　型芯位置误差

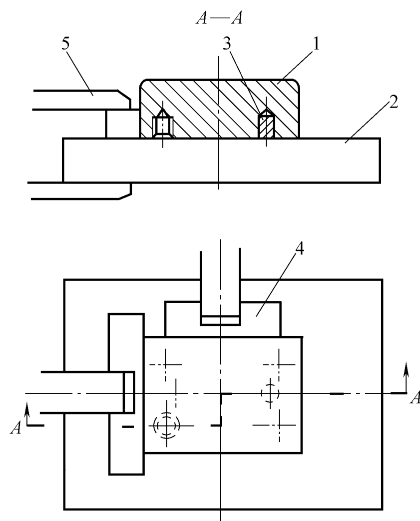


图 8-3　大型芯与固定板的装配
1—型芯　2—固定板　3—定位销套
4—定位块　5—平行夹头

2）对有方向性要求的型腔，为了保证其位置要求，一般先压入一小部分后，借助型腔的直线部分用百分表校正位置是否正确，经校正合格后，再压入模板。为了装配方便，可采用型腔与模板之间保持 0.01～0.02mm 的配合间隙。型腔装配后，找正位置用定位销固定，如图 8-4 所示。最后在平面磨床上将两端面和模板一起磨平。

3）对于拼块型腔的装配，一般拼块的拼合面在热处理后要进行磨削加工。保证拼合后紧密无缝隙。拼块两端留余量，装配后同模板一起在平面磨床上磨平，如图 8-5 所示。

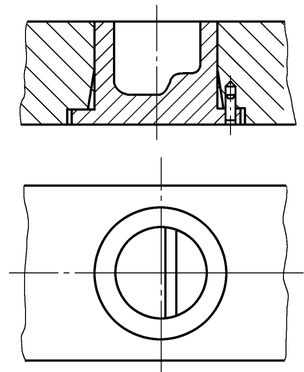


图 8-4　整体镶嵌式型腔的装配

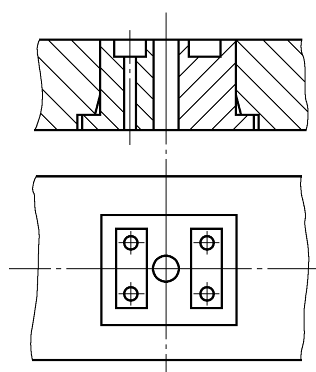


图 8-5　拼块式结构的型腔

4）对工作表面不能在热处理前加工到尺寸的型腔，如果热处理后硬度不高（如调质处理），可在装配后应用切削方法加工到要求的尺寸；如果热处理后硬度较高，只有在装配后采用电火花机床、坐标磨床对型腔进行精修达到精度要求。无论采用哪种方法对型腔两端面都要留余量，装配后同模具一起在平面磨床上磨平。

5）拼块型腔在装配压入过程中，为防止拼块在压入方向上相互错位，可在压入端垫一块平垫板，通过平垫板将各拼块一起压入模之中。拼块型腔的装配如图 8-6 所示。

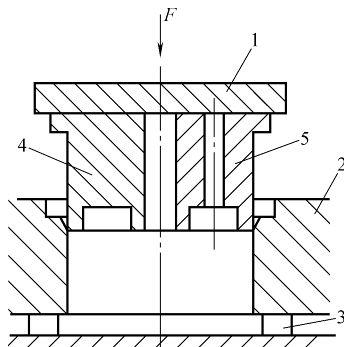


图 8-6　拼块型腔的装配
1—平垫板　2—模板　3—等高垫块
4、5—型腔拼块

（2）型腔的修磨　塑料模具装配后，有的型芯和型腔的表面或动、定模的型芯，在合模状态下要求紧密接触。为了达到这一要求，一般采用装配后修磨型芯端面或型腔端面的修配法进行修磨。

如图 8-7 所示，型芯端面和型腔端面出现了间隙 Δ，可以用以下方法进行修磨，消除间隙 Δ：

1）修磨固定板平面 A。拆去型芯将固定板磨去等于间隙 Δ 的厚度。

2）将型腔上平面 B 磨去等于间隙 Δ 的厚度。此法不用拆去型芯，较方便。

3）修磨型芯台肩面 C。拆去型芯将 C 面磨去等于间隙 Δ 的厚度。但重新装配后需将固定板 D 面与型芯一起磨平。

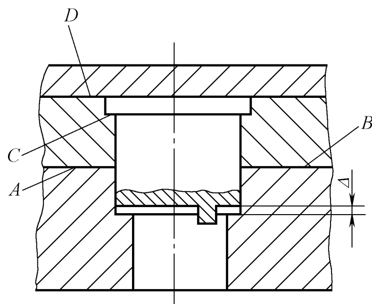


图 8-7　型芯与型腔端面间隙的消除

如图 8-8 所示，装配后型腔端面与型芯固定板之间出现了间隙 Δ。为了消除间隙 Δ 可采用以下修配方法：

1）修磨型芯工作面 A，如图 8-8a 所示。对工作面 A 不是平面的型芯修磨复杂不适用。

2）在型芯定位台肩和固定板孔底部垫入厚度等于间隙 Δ 的垫片，如图 8-8b 所示，然后，再一起磨平固定板和型芯支撑面。此法只适用于小型模具。

3）在型腔上面与固定板平面间增加垫板，如图 8-8c 所示。但对于垫板厚度小于 2mm 时不适用，一般适用于大、中型模具。

3. 滑块抽芯机构的装配

滑块抽芯机构的作用是在模具开模后，将制件的侧向型芯先行抽出，再顶出

制件的机构。装配中的主要工作是侧向型芯的装配和锁紧位置的装配。

（1）侧向型芯的装配　侧向型芯的装配，一般是在滑块和滑槽、型腔和固定板装配后，再装配滑块上的侧向型芯。图 8-9 所示抽芯机构型芯的装配一般采用以下方式：

1）根据型腔侧向孔的中心位置测量出尺寸 a 和尺寸 b，在滑块上划线，加工型芯装配孔，并装配型芯，保证型芯和型腔侧向孔的位置精度。

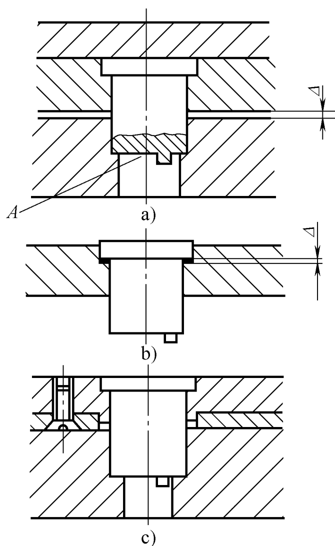


图 8-8　型腔板与固定板间隙的消除

a）适用于工作面 A 不是平面　b）适用于小型模具

c）适用于大、中型模具

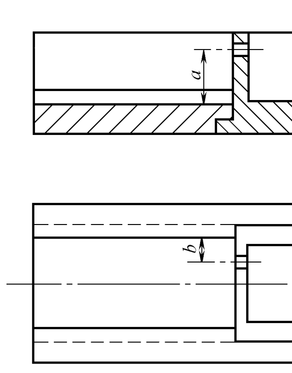


图 8-9　侧向型芯的装配

2）以型腔侧向孔为基准，利用压印工具对滑块端面压印，如图 8-10 所示，然后，以压印为基准加工型芯配合孔后再装入型芯，保证型芯和侧向孔的配合精度。

3）对非圆形型芯可在滑块上先装配留有加工余量的型芯，然后对型腔侧向孔进行压印、修磨型芯，保证配合精度。同理，在型腔侧向孔的硬度不高，可以修磨加工的情况下，也可在型腔侧向孔留修磨余量，以型芯对型腔侧向孔压印，修磨型腔侧向孔，达到配合要求。

（2）锁紧位置的装配　在滑块型芯和型腔侧向孔修配密合后，便可确定锁紧块的位置。锁紧块的斜面和滑块的斜面必须均匀接触。由于零件加工和装配中存在误差，所以装配中需进行修磨。为了修磨的方便，一般是对滑块的斜面进行修磨。

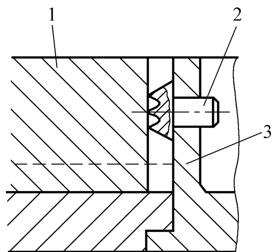


图 8-10　滑块压印

1—滑块　2—压印工具

3—型腔

模具闭合后，为保证锁紧块和滑块之间有一定的锁紧力，一般要求装配后锁紧块和滑块斜面接触后，在分模面之间留有 0.2mm 的间隙进行修配，如图 8-11 所示。滑块斜面修磨量可用下式计算：

$$b = (a - 0.2)\sin\alpha$$

式中　b——滑块斜面修磨量（mm）；

a——闭模后测得的实际间隙（mm）；

α——锁紧块斜度（°）。

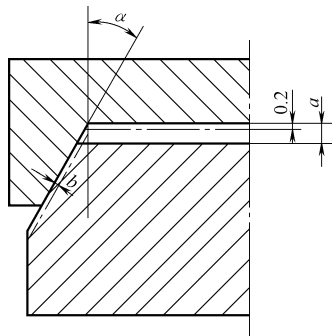


图 8-11　滑块斜面修磨量

（3）滑块的复位、定位　模具开模后，滑块在斜导柱作用下侧向抽出。为了保证合模时斜导柱能正确地进入滑块的斜导柱孔，必须对滑块设置复位、定位装置。图 8-12 所示为用定位板进行滑块复位的定位。滑块复位的正确位置可以通过修磨定位板的接触平面进行调整准确。

如图 8-13 所示，滑块复位用滚珠、弹簧定位时，一般在装配中需在滑块上配钻位置正确的滚珠定位锥窝，达到正确定位。

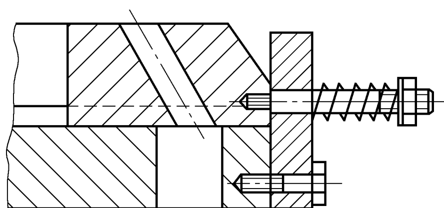


图 8-12　用定位板进行滑块复位的定位

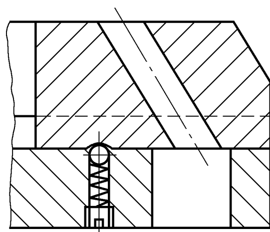


图 8-13　用滚珠进行滑块复位的定位

4. 浇口套的装配

浇口套与定模板的装配，一般采用过盈配合。装配后的要求为浇口套与模板配合孔紧密、无缝隙。浇口套和模板孔的定位台肩应紧密贴实。装配后浇口套要高出模板平面 0.02mm，如图 8-14 所示。为了达到以上装配要求，浇口套的压入外表面不允许设置导入斜度。压入端要磨成小圆角，以免压入时切坏模板孔壁，同时压入的轴向尺寸应留有去除圆角的修磨余量 H。

在装配时，将浇口套压入模板配合孔，使预留余量 H 突出模板之外，在平面磨床上磨平，如图 8-15 所示。最后将磨平的浇口套稍稍退出，再将模板磨去 0.02mm，重新压入浇口套，如图 8-16 所示。对于台肩和定模板高出的 0.02mm 可由零件的加工精度保证。

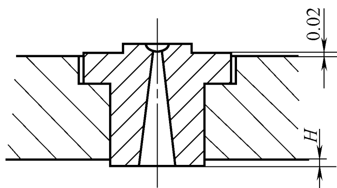


图 8-14　装配后的浇口套

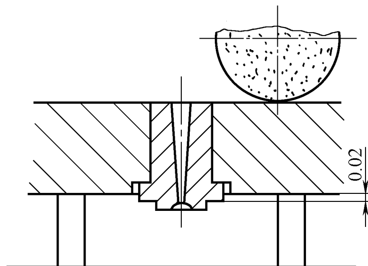


图 8-15 修磨浇口套

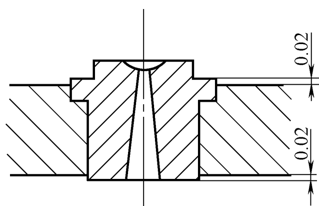


图 8-16 修磨后的浇口套

5. 导柱、导套的装配

导柱、导套是模具合模和开模的导向装置，它们分别安装在塑料模具的动、定模部分。装配后，要求导柱、导套垂直于模板平面，并达到设计要求的配合精度和具有良好的导向定位作用。一般采用压入式装配到模板的导柱、导套孔内。

对于较短导柱可采用图 8-17 所示方式压入模板；较长导柱应在模板装配导套后，以导套导向压入模板孔内，如图 8-18 所示。导套的装配如图 8-19 所示。

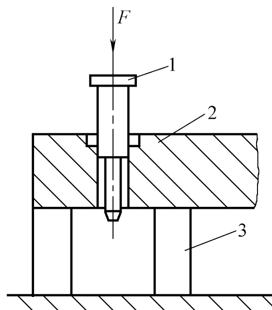


图 8-17 短导柱的装配

1—导柱 2—模板 3—等高垫块

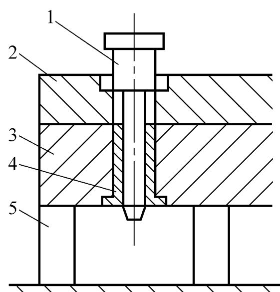


图 8-18 长导柱的装配

1—导柱 2—固定板 3—定模板
4—导套 5—等高垫块

导柱、导套装配后，应保证动模板在开模及合模时滑动灵活，无卡阻现象。如果运动不灵活，有阻滞现象，可用红丹粉涂于导柱表面，往复拉动观察阻滞部位、分析原因后，进行重新装配。装配时，应先装配距离最远的两根导柱，合格后再装配其余两根导柱。每装入一根导柱都要进行上述的观察，合格后再装下一根导柱，这样便于分析、判断不合格的原因和及时修正。

滑块型芯抽芯机构中的斜导柱装配如图 8-20 所示。一般是在滑块型芯和型腔装配合格后，用导柱、导套进行定位，将动、定模板和滑块合装后按所要求的角度进行配加工斜导柱孔，然后，再压入斜导柱。为了减小侧向抽芯机构的脱模力，一般斜导柱孔比斜导柱外圈直径大 0. 5 ~1. 0mm。

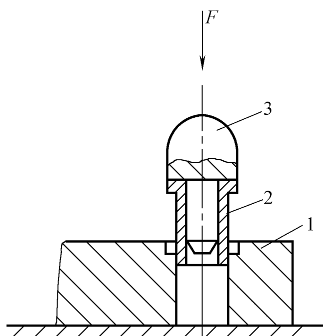


图 8-19 导套的装配
1—模板 2—导套 3—压块

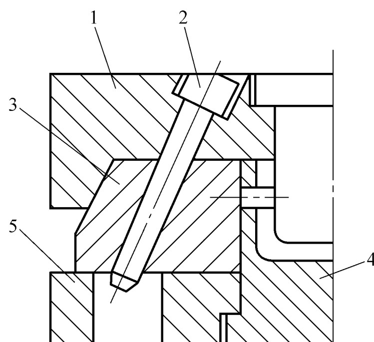


图 8-20 斜导柱的装配
1—定模板 2—斜导柱 3—滑块
4—型腔 5—动模板

6. 推出机构的装配

注塑模具的制件推出机构，一般是由推板推出固定板、推杆、导柱和复位杆组成，如图 8-21 所示。装配技术要求为：装配后运动灵活、无卡阻现象。推杆在固定板孔内每边应有 0.5mm 的间隙。推杆工作端面应高出型面 0.05 ~ 0.10mm。完成制件推出后，应能在合模时自动退回原始位置。推出机构的装配顺序如下：

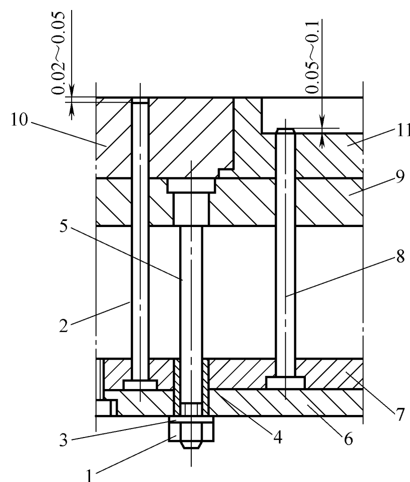


图 8-21 推出机构的装配
1—螺母 2—复位杆 3—垫圈 4—导套
5—导柱 6—推板 7—顶杆固定板 8—推杆
9—支撑板 10—固定板 11—型腔

1）先将导柱垂直压入支撑板 9 并将端面与支撑板一起磨平。

2）将装有导套 4 的推杆固定板 7 套装在导柱上，并将推杆 8、复位杆 2 穿入推杆固定板、支撑板和型腔 11 的配合孔中，盖上推板 6 用螺钉拧紧，并调整使其运动灵活。

3）修磨推杆和复位杆的长度。如果推板和垫圈 3 接触时，复位杆、推杆低于型面，则修磨导柱的台肩；如果推杆、复位杆高于型面时，则修磨推板 6 的底面。

4）一般将推杆和复位杆在加工时稍长一些，装配后将多余部分磨去。

5）修磨后的复位杆应低于型面 0.02 ~ 0.05mm，推杆应高于型面 0.05 ~ 0.10mm，推杆、复位杆顶端可以倒角。

8.1.3 总装

在完成组件装配并检验合格后，即可进行模具的总装。如图 8-22 所示热塑性塑料注塑模，在按照上文进行导柱、导套、型芯、浇口套的组件装配并检验合格后，便可进行总装配工作。

1. 装配动模部分

（1）装配型芯固定板、支撑板、垫块和动模固定板　装配前，型芯 3，导柱 17、21，拉料杆 18 已压入型芯固定板 8 和支撑板 9 并已检验合格。装配时，将型芯固定板 8、支撑板 9、垫块 12 和动模固定板 13 按其工作位置合拢，找正并用平行夹头夹紧。以型芯固定板上的螺孔、顶杆孔定位，在支撑板上钻出螺孔、推杆孔的锥窝。然后，拆下型芯固定板，以锥窝为定位基准钻出螺钉过孔、推杆过孔和锪出螺钉沉孔，最后用螺钉拧紧固定。

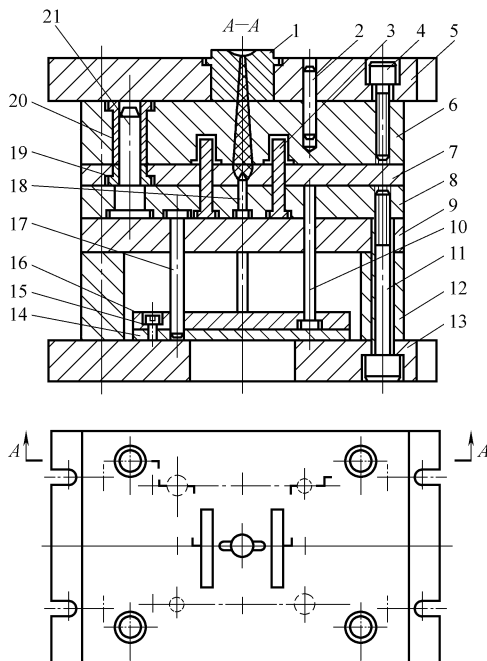


图 8-22　热塑性塑料注塑模的总装

1—浇口套　2—定位销　3—型芯　4、11—内六角螺栓　5—定模板　6—型腔板　7—卸料板　8—型芯固定板　9—支撑板　10—推杆　12—垫块　13—动模固定板　14—推板　15—螺钉　16—推杆固定板　17、21—导柱　18—拉料杆　19、20—导套

（2）装配卸料板　卸料板 7 在总装前已压入导套 19 并检验合格。总装前应对卸料板 7 的型孔先进行修光，并且与型芯作配合检查。要求滑动灵活、间隙均匀并达到配合要求。

将卸料板套装在导柱和型芯上，以卸料板平面为基准测量型芯高度尺寸。如果型芯高度尺寸大于设计要求，则进行修磨或调整型芯，使其达到要求；如果型芯高度尺寸小，需将卸料板平面在平面磨床上磨去相应的厚度，保证型芯高度尺寸。

（3）装配制件推出机构　推板 14 放在动模固定板上，将推杆 10 套装在推杆固定板上推杆孔内并穿入型芯固定板 8 的推杆孔内，再套装到推板导柱上，使推板和推杆固定板重合。在推杆固定板螺孔内涂红粉，将螺钉孔位复印到推板上。然后，取下推杆固定板，在推板上钻孔并攻螺纹后，重新合拢并拧紧螺钉固定。

装配后，进行滑动配合检查，经调整使其滑动灵活、无卡阻现象。

最后，将卸料板拆下，把推板放到最大极限位置。检查推杆在型芯固定板上平面露出的长度，将其修磨到和型芯固定板上平面平齐或低 0.02mm。

2. 装配定模部分

总装前浇口套、导套都已装配结束并检验合格。装配时，将型腔板 6 套装在导柱上，并与已装浇口套的定模板 5 合拢，找正位置，用平行夹头夹紧。以定模板上的螺钉孔定位，对型腔板钻锥窝。然后，拆开在型腔板上钻孔、攻螺纹后重新合拢，用螺钉拧紧固定。最后钻、铰定位销孔并打入定位销。

经以上装配后，要检查型腔板和浇口套的流道锥孔是否对正。如果在接缝处有错位，需进行铰削修整，使其光滑一致。

8.2　模具安装与调整

1. 试模前的准备

为了保证正常试模，试模人员必须熟悉模具结构及技术要求，并会同装配钳工等有关人员对模具进行预检。试模人员应仔细查看模具装配图和塑件图样，根据塑件图样了解塑件的材料、几何尺寸、功能和外观要求等。对于模具装配图中提出的技术要求逐条落实，并据此了解模具的基本结构、动作过程及注意事项等。主要检查内容包括：

1）模具的总体尺寸及外形尺寸是否符合已选定注塑机的要求。

2）模具闭合后有无专用的吊环或吊环孔，吊环孔的位置是否可以使模具处于平衡吊装状态。

3）对于具有气动或液压结构的模具，阀门、行程开关、油嘴等配件是否齐全。

4）模具侧抽机构等部位是否可靠定位，而不致于在吊装过程中脱落。必要时可以在模具分型面间加装锁模板，以防止模具在吊装过程中开启。

2. 模具安装与固定方法

（1）模具吊装方向　一般在模具设计时就已经确定了模具吊装方向，但在试模过程中，对一些设计失误或考虑不周的地方需要通过改变吊装方向加以弥补。

1）模具中有侧向抽芯机构时，尽量使滑块的运动方向与水平方向相平行，或者向下开启，切忌放在向上开启的方向。

2）模具中的拉杆、拉板、导柱等要按竖直方向排列在模板的两侧，避免妨碍塑件、流道凝料的自动脱落。

3）模具上的冷却水管接头、阀门、行程开关、油嘴等尽量排布在面对操作者的对侧或模具的上侧，以方便这些零件的安装与调试，同时也避免妨碍塑件、流道凝料的自动脱落。

4）安装压板一般布置在模具竖直方向两侧，方便模具拆卸。

（2）模具安装与固定　安装时尽量采用整体吊装。将模具吊入注塑机拉杆、模板之间后，调整方位，使模具定位圈进入注塑机定模固定板上的定位孔，沿竖直方向摆正模具，慢速闭合注塑机动模板直至锁紧模具，然后把紧模具。

模具与注塑机的固定方式有两种：一种方法是螺钉直接固定法（见图 8-23a），在模具模板上穿过孔，用螺钉把模板直接紧固在注塑机上；另一种方法就是压板固定法（见图 8-23b），采用压板、垫块和螺钉来紧固模具，这种连接方式灵活，应用比较多。

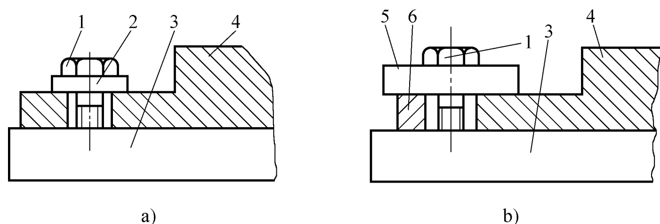


图 8-23　模具紧固形式

a）螺钉直穿模板过孔　b）压板紧固

1—螺钉　2—垫片　3—注塑机模板　4—模具模板　5—压板　6—垫块

模具主体安装完后，就可以进行模具配套部分的安装，主要包括：热流道元件及电气元件的接线；液压、气压回路的连接；冷却水路的连接等。

3. 模具与注塑机的调整

模具安装好后，首先进行空运转检查与调试，要按下述事项对注塑机和模具进行调整或检验：

（1）调节锁模系统　锁模松紧程度可以根据锁模力大小和经验进行判断。对锁模力的控制有两个原则：一方面锁模力应足够大，保证模具在塑料熔体的注射压力作用下不开缝，因此，锁模力应大于型腔压力和塑件在分型面上的投影面积的乘积；另一方面，过紧的锁模又使得型腔内排气困难，尤其不允许过大的锁模力导致模板被挤压变形。

（2）开模距离调整　调整至塑件、流道凝料能够自动脱落的状态。有拉杆限位的模具，要注意开模距离不要过大，开模速度不要过快，避免拉杆被拉到极限状态而在开模过程中对模具造成冲击。

（3）推出距离调整　将注塑机上的推出机构的推出距离调节到使塑件能够被正常推出。但要注意使最大推出距离调节到模具的推杆固定板与动模板或动模垫板间的间隙不小于 5mm，做到既能推出塑件，又能防止损坏模具。

（4）安全检查

1）检查水路是否通畅，走向是否正确，有无泄漏现象。

2）有电加热器的模具，在通电前要作绝缘检查（绝缘电阻不低于 10MΩ）。

3）有液压、气动装置的模具，进行通液或通气试验检查看有无漏液或漏气现象，工作行程是否准确。

（5）空运转检查　上述事项完成后，正式试模前需进行多次空运转检查，以检验模具各部分的工作情况是否正常。通过模具的开启、闭合、推出、抽芯，不断循环运行，观察模具开启、闭合、推出、抽芯运动是否灵活、平稳，起止位置、行程控制正确与否。

8.3　试模

做好试模准备后，选用合适的原料加入注塑机机筒，根据推荐的工艺参数调节注塑机，即可开始试注射。

塑料原料是在塑件设计时选定的，试模时如果选用代替的塑料，应尽量选用性能相近的塑料，但最后的验收试模必须采用设计选定的材料。

在有些塑料原料中，如果水分超过一定的含量，会导致诸如银丝等问题。如聚碳酸酯吸收了水分，易造成水解，成型后塑件会变脆。所以试模前需要根据塑料性能，选择一定的干燥方式，进行预干燥处理。

1. 注塑工艺参数选择

试模目的之一是为正式生产寻找最佳的成型工艺条件，因此试模的工艺选择应该严格遵守注塑工艺规程，按正常的生产条件试模，这样才会使模具中存在的问题得到充分暴露，试模结果对修模才有指导作用。工艺参数选择主要是温度、压力和时间的选择。首次选择各个工艺参数时，可以采用经验值、一般成型理论提供的参考值或设计时的 CAE 模拟软件的给定值。

（1）温度　一般情况下，温度提高会使塑料的塑化程度增加、流动性好、成型性能好，但过高的温度可能使塑料发生降解，所以温度的调整一定要逐渐提高。另外，温度的改变是一个缓慢的过程，应多试几模，否则容易造成误判。

注塑工艺中的温度包括料温和模具温度。料温取决于机筒和喷嘴温度，控制塑化和流动；模具温度影响塑料熔体在型腔内的流动和冷却过程。机筒温度应处于塑料的黏流温度和分解温度之间。试模时，先采用较低的温度，但对于薄壁且流程与壁厚之比较大的塑件则选用较高的机筒温度。较低的喷嘴温度可以防止流延现象，但过低的喷嘴温度易使熔体凝结，堵塞喷嘴。对于热敏性塑料（如聚甲醛、聚氯乙烯等）应严格控制机筒温度，防止降解。

机筒温度合适与否可以用以下方法判断：先根据经验或是 CAE 软件的分析结果，选择一个温度进行加热。把喷嘴和浇口套先分开，让喷嘴直接喷出塑料熔体来判断物料的塑化程度。低温低压喷出料流，如果料流明亮、流动光滑、色泽均匀，即认为充分塑化；如果出现气泡、银丝、变色等现象，则需要调整塑化

温度。

模具温度由于影响熔体的流动及冷却过程，所以不合适的模具温度或分布不均可能造成塑件的外观和力学性能缺陷。为保证塑件具有较高的尺寸精度和防止变形，模具温度应低于塑料的热变形温度。对于高黏度的塑料，为了提高充模性能可以选用较高的温度；反之选用较低的模具温度。但是模具温度过低，容易使塑件内部产生真空气泡和内应力。

（2）压力　先用较低的注射压力，如果塑件不能充满再提高压力。注射压力过大，会产生飞边，造成脱模推出困难，塑件内应力增加，甚至损坏模具。注射压力最低限度是克服熔料经过喷嘴、流道、型腔的流动阻力，使型腔充满。

背压是指螺杆塑化时，推向前端的塑料熔体对螺杆的反压力。背压大小影响塑化程度及塑化能力，而且影响程度与螺杆转速密切相关。增加背压使得流体的剪切作用增强，塑料熔体密实，提高塑化程度，但是塑化的速度也同时降低。为了使塑化速度不至于降低，可以提高螺杆的转速来补偿。加料的背压大小主要与物料的黏度、热稳定性有关。对热稳定性差、黏度高的塑料，易采用较低的螺杆转速和较低的背压；黏度低、热稳定性好的塑料可以采用较高的螺杆转速和较高的背压。背压大小选择的基本原则是在保证塑件质量前提下，尽量选用低背压。

（3）注射时间、速率、速度　注射时间是柱塞或螺杆完成一次注射的时间。注射速率是单位时间内经喷嘴注射的塑料熔体质量。注射速度是指柱塞或螺杆的运动速度。注射速率低，塑件容易产生熔接痕、密度不均；速率过高，熔体产生不规则流动，产生剪切热，甚至烧伤物料。一般情况下，如能保证型腔充满，尽量选用低速注射。成型薄壁、大面积塑件时，可以选用高速注射；反之，对于厚壁、面积小的塑件则选用低速注射。注射时间的增加会使塑料在机筒中的受热时间增加，此时的作用相当于提高塑化温度。保压时间一般为 0～120s，与物料温度、模具温度、塑件壁厚、模具的流道和浇口大小有关。

2. 试模方法

试注射时，假定模具的设计结构是合理的，制造精度已经保证，在这个基础上进行调整工艺参数。工艺参数调整要平衡考虑，因为对于塑料熔体来说，温度、时间和压力这三个参数之间互相制约。一般原则是先选用较低的温度、较低的压力和较长的注射时间。通常来说，塑件能快速反映压力和注射时间的改变，温度的调整需要一个滞后过程，而且有时候温度的变化会带来意想不到的问题，如烧焦物料等。工艺参数需要调整时，先调整压力值或注射时间，最后改变温度。每一个值的改变都应当连续，而且每次的调整幅度不应过大。

更换工艺条件时，每次只改变一个工艺参数，试模 5～15 次。

试模是一个不断反复的过程，小型模具一般需要试模 1～3 次，大型模具需要试模 3～5 次。试模过程应当详细记录下来。记录的内容不仅包括工艺参数和

试制的塑件，还应有注塑机和模具的参数与工作状况，这是非常宝贵的第一手资料。对所记录的数据进行分析，在此基础上提出合理的修模建议。表 8-1 给出了一种试模记录卡，供读者参考。

表 8-1　试模记录卡

<table>
<tr><td>模具名称</td><td colspan="4"></td><td colspan="2">试模地点</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>制 表 人</td><td colspan="4"></td><td colspan="2">试模时间</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="4">试模原料</td><td colspan="2">原料名称</td><td colspan="2"></td><td rowspan="4" colspan="2">试模人员</td><td colspan="2">模具设计者</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">原料牌号</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">模 具 钳 工</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">收 缩 率</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">试模工艺员</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">颜色配比</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">试模操作者</td><td></td></tr>
<tr><td>塑件重量</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">流道重量</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">注塑机型号</td><td></td></tr>
<tr><td>机筒温度</td><td>喷嘴</td><td></td><td>一区</td><td></td><td>二区</td><td></td><td>三区</td><td></td><td>四区</td></tr>
<tr><td colspan="2">动　　作</td><td>速　度</td><td>压　力</td><td>位　置</td><td>时　间</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">注射一段</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="3" colspan="4">注射延时　　s</td></tr>
<tr><td colspan="2">注射二段</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">注射三段</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">塑化一段</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="2" colspan="4">塑化延时　　s
塑化限时　　s</td></tr>
<tr><td colspan="2">塑化二段</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">松　　退</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">合模快速</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="3" colspan="4">合模计时　　s
合模延时　　s</td></tr>
<tr><td colspan="2">合模低压</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">合模高压</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">开模高压</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="3" colspan="4">开模计时　　s
开模停顿　　s</td></tr>
<tr><td colspan="2">开模快速</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">开模减速</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">推 出 进</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">推 出 退</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">进　　芯</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">退　　芯</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>模具温度</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">冷却时间</td><td></td><td colspan="2">成型周期</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="10">试模经过和主要问题：</td></tr>
<tr><td colspan="10"></td></tr>
<tr><td>备　　注</td><td colspan="9"></td></tr>
</table>

第 9 章　注塑件缺陷分析及对策

一般涉及成型质量的要素有外观性的、尺寸精确度性的、技能性的内容等。首先，热塑性树脂成型制件的外观不良和注射条件密切有关，也和其制件的用途密切相关。其次，制件的尺寸精度是其作为各种零部件使用时的重要品质要素，外观性的要素更为重要。而成型品的功能性能要素除力学性能外，还有耐热性、耐化学药品性、电气特性等。成型品的力学性能要素原则上只取决于树脂的种类，但由于这些树脂进行成型时，有时会发生破坏或阻碍其特性的情况，因而在工艺分析及模具设计时应加注意。

在注塑成型工艺过程中，主要发生如下现象：

1）塑料的化学变质。

2）力学状态变化。

3）物料状态变化。

4）几何结构或尺寸上的变化。

9.1　常见的缺陷种类

1. 分类

（1）外观问题　凹痕、银纹、变色、黑斑、流痕、焦痕、熔接痕、泛白、表面气泡、分层、龟裂、外观浑浊等。

（2）工艺问题　充填不满、分型面飞边过大、流道粘模、不正常推出。

（3）性能问题　变脆、翘曲、应力集中、超重欠重（密度不均匀）等。

2. 常见缺陷

（1）充填不足　充填不足是指型腔充填不满，不能得到设计的制件形状，制件有缩瘪的倾向。

（2）凹痕（缩瘪）　表面下凹，边缘平滑，容易出现在远离浇口位置，及制件厚壁、肋、凸台、及内嵌件处。收缩性较大的结晶性塑料容易产生凹痕。

（3）气穴　型腔中的空气被熔体包围，无法从型腔中排出而形成的。气穴的形成属于成型加工的问题，容易形成焦痕、缩孔、缩坑等制件质量问题。

（4）银纹　在塑件表面出现的微小的流动花纹，明显的流痕，是成型物表面沿流动方向出现的银白色的流线现象。

（5）黑斑及黑条纹　属于表面质量问题，在制件表面有黑点或黑条，在浇口附近顺着流动方向出现黑色流线的现象。

（6）焦痕　通常在流程末端产生烧焦的外观，主要是型腔中残留的气体引起的。

（7）剥离（分层）　制件像云母那样发生层状剥离的现象，有明显分层，属于表面质量问题。不相容的材料混炼在一起时，容易发生剥离现象。

（8）乱流痕　在制件表面以浇口为中心出现不规则流线的现象。

（9）熔接线和熔合痕　指分流熔体汇合处的细纹，它是由两股相向或平行的熔体前沿相遇而形成的，可以根据两股熔体间的角度来区分（见图 9-1）。成型制件中有洞、嵌件、制件厚度变化引起的滞留和跑道效应都可能形成熔接线和熔合痕。

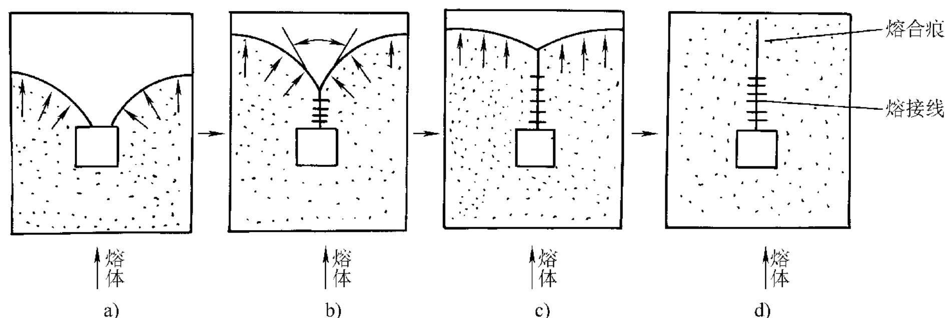


图 9-1　熔接线和熔合痕示意图

a）熔体前锋面接触　b）熔体间的夹角　c）形成熔接线　d）形成熔合痕

（10）喷射痕　在制件的浇口处出现的蚯蚓状的流线，多在模具为侧浇口时出现，如图 9-2 所示。

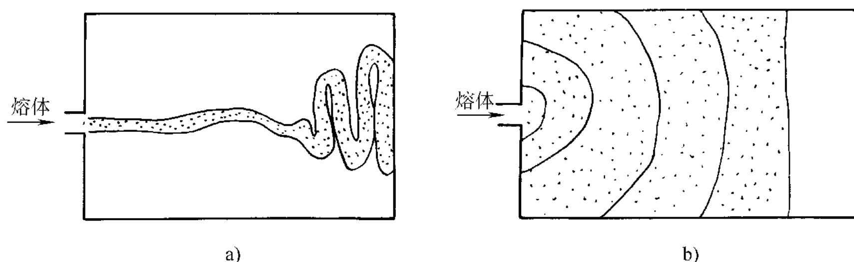


图 9-2　喷射痕与法向流动充填模式的比较

a）浇口处　b）法向充填模式

（11）表面气泡　有未融化的材料与流动熔体一起充填型腔，在制件表面形成的缺陷。

（12）变脆（脆化）　韧性不够或耐冲击性能差。主要原因在于发生水解或热分解，相对分子质量降低（如 PC、聚酯等）；熔接痕的存在。

（13）尺寸变形及收缩过大　制件尺寸超出公差，如图 9-3 所示。

（14）飞边　模具分型面上的溢料（见图 9-4），可能是由于锁模力偏小、合模精度不高、模具变形、融料过热等造成的。

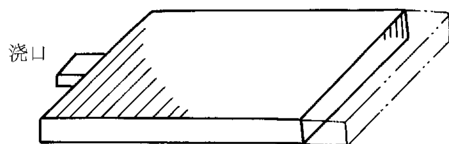


图 9-3　制件的收缩变形

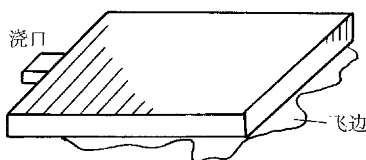


图 9-4　飞边

9.2　缺陷的原因分析及对策

有缺陷的制件通常由下面一个或几个原因造成：

1）模塑前，原材料的处理和贮存。

2）模塑阶段，成型周期内的成型条件。

3）模塑之后，制件的处理和修饰。

在制件模塑前后出现的问题可能与污染、颜色、静态粉尘收集器等相关的问题有关。在模塑阶段，操作人员应能生产出质量好的熔体，在自测的基础上保证熔体从喷嘴自由流出。每一套模具和每种原料都不同，因此，无法概括好的熔体如何得到，操作人员的经验和加工需要成为最终决定因素。

注塑制件的质量出现问题，应从模具设计和制造精度、成型条件、成型材料、成型前后的环境四个方面来考虑。下面给出常见的问题及改进办法。

1. 制件表面缺陷

（1）充填不足　原因在于：供料不足；压力不够；加热不当；注塑时间不够；模具温度过低；夹入空气造成反压；多型腔中，各型腔的流道不平衡。

1）制件整体有塌瘪倾向的充填不足。

成型材料的改进：选用流动性好的材料。

成型条件的改进：提高注射温度、压力、速度；提高保压压力，加大从注射到保压的变换时间；提高模具温度；调整喷嘴逆流阀。

模具结构的改进：改变浇口的位置；浇口变短、加大；流道变短、加宽；加大冷料穴；喷嘴和模具口配合完好。

制件设计的改进：调整树脂流动长度与厚度的比值。

2）一模多腔时某些型腔不能充填。

成型条件的改进：减小浇口充满前的注射速度；提高通过浇口后的注射速度。

制件设计的改进：尽量使各分流道的长度一致；加大充填不足型腔的浇口。

3）制件形状完整但某特定部分充填不足。

成型材料的改进：选用不易分解的材料。

成型条件的改进：降低最后一级注射速度；降低注射温度。

模具结构的改进：改变浇口的位置，增加排气槽。

制件设计的改进：在推杆上开斜口等。

（2）缩瘪（凹坑、凹痕）　原因在于：浇口固结时料温过高；保压时间不够；进入模具型腔的物料不够。

成型材料的改进：选用收缩率小的材料。

成型条件的改进：提高注射压力；增大后期保压压力；降低缩瘪部分对应的注射速度；降低模具温度；降低注射温度。

模具结构的改进：浇口的位置；浇口变短、加大；流道变短、加宽；减小流动阻力；喷嘴和模具口配合完好。

制件设计的改进：把肋、突出部分变细，并加圆角；减小壁厚；将肋设计成非实心的；把表面设计成花纹以掩饰凹痕缺陷。

（3）表面无光泽、光泽不均　原因在于：材料的分解；脱模剂过量；模具表面粗糙度差。

成型材料的改进：选用稳定性好的材料。

成型条件的改进：降低注射温度；提高模具温度；减少滞留时间；不用脱模剂。

模具结构的改进：进一步抛光，降低模具表面粗糙度。

（4）银纹　原因在于：原料中有水分；原料分解。

成型材料的改进：使原材料干燥更充分；选用热稳定性好的材料。

成型条件的改进：不让料斗有水分；降低注射温度；减少滞留时间。

（5）黑条纹、焦痕

1）产生黑条纹的原因在于：材料的分解；添加剂（如阻燃剂）的分解；机筒表面有损伤引起物料滞留。

成型材料的改进：选用热稳定性好、润滑性好的材料；不用回收料。

成型条件的改进：降低注射温度；减少注塑机机筒内的滞留时间；改用小容量的注塑机；使注塑机处于良好的状态。

模具结构的改进：浇口加大、改短。

2）焦痕主要由模具型腔内的残留气体所致。

成型材料的改进：选用热稳定性好的材料；不用回收料。

成型条件的改进：降低注射温度；降低注射压力；降低最后一级注射速度。

模具结构的改进：浇口加大、改短；加排气槽。

（6）乱流痕　原因在于：注入型腔的材料时而与模壁接触、时而脱离造成

的不均匀冷却所致，或者是由于流动过程中，熔体前锋冷料卷入形成流动波纹而致。

成型材料的改进：选用流动性好的材料。

成型条件的改进：提高注射温度；提高模具温度；适当降低乱流痕部分所对应的注射速度。

模具结构的改进：改变浇口位置；加大冷料穴。

（7）熔接痕

成型材料的改进：选用流动性好的材料。

成型条件的改进：提高注射温度；提高熔接痕所对应部分的注射速度；提高模具温度；提高注射压力；停止使用脱模剂。

模具结构的改进：浇口加大、改短；改变浇口位置；加大冷料穴；加设排气槽；在熔接痕前部分设护耳。

（8）喷射痕

成型材料的改进：选用流动性好的材料。

成型条件的改进：提高注射温度；提高模具温度；降低注射速度。

模具结构的改进：改变浇口位置；应用护耳式浇口；加大冷料穴；让喷嘴和模具接触完全。

（9）表面色泽不均　原因在于：着色剂分解或分散不良；机筒中有别的残料；箔片状颜料（如铝箔）是不可避免的。

成型材料的改进：选用不易出现色斑的材料。

成型条件的改进：提高机筒温度；更换清洁机筒；提高模具温度；停止使用脱模剂。

模具结构的改进：改变浇口位置；改变浇口设计。

（10）气泡　原因在于：塑料收缩；材料分解、抗静电剂等添加剂分解产生的气体引起的。

1）当气泡在制件壁厚部分出现时，应采取如下措施：

成型材料的改进：选用流动性差的材料。

成型条件的改进：提高注射压力；延长从注射到保压的切换时间；加大保压压力；提高模具温度。

模具结构的改进：改变浇口的位置；加大主流道、分流道直径；加大浇口；使机筒喷嘴和模具结合良好。

制件设计的改进：尽可能避免厚壁部分。

2）当整个制件发生细小的气泡时，应采取如下措施：

成型材料的改进：改用热稳定性好的材料或添加剂；对材料进行充分的干燥。

成型条件的改进：加大螺杆背压；降低注射温度；对机筒下部分进行冷却；缩短材料在机筒中的滞留时间。

2. 制件变形及尺寸变化

（1）翘曲、弯曲、扭曲　原因在于：收缩率各向异性；制件壁厚或温度引起的收缩率差；制件内部存在残余应力。

成型材料的改进：选用流动性好的材料；选择收缩率各向异性小的材料。

成型条件的改进：提高注射温度；降低注射压力；选用适当的模具温度；延长冷却时间；逐渐降低保压压力；改进冷却取出制件的机械手装置等。

模具结构的改进：改变浇口的位置；采用合适的冷却系统；降低模具表面粗糙度；改善推出方式。

制件设计的改进：设计上的改进，如增加加强肋等。

（2）尺寸稳定性差　原因在于：空气温度变化；模具变形；制件的保存过程中有结晶变化，引起尺寸变化；各生产批量间成型条件变化。

成型材料的改进：选用线膨胀系数小的材料；改用不因吸湿而尺寸变化大的材料；选用流动性差的材料。

成型条件的改进：提高注射压力；提高保压压力；延长冷却时间；提高锁模力；适当调整模具温度；合理设置机械手装置。

模具结构的改进：改进浇口位置；改进浇口设计；加大模具硬度。

制件设计的改进：适当降低制件精度。

（3）变形及收缩过大

成型材料的改进：选用相对分子质量大的材料；适当使用改性材料。

成型条件的改进：降低注射温度；增大总周期；降低模具温度；升高注射压力；增加注塑量。

模具结构的改进：增大注射孔直径；扩展模具流道；扩大浇口。

制件设计的改进：制件的厚度应合理。

3. 制件出现裂纹、开裂

（1）开裂、表面龟裂　原因在于：模具上有咬边的地方；推出力不足使之不平衡；推杆数目不够，特别是对有格条的制件，其开裂和推出有关。

成型材料的改进：改用相对分子质量大的材料；改用强度大的材料；不用或少用回料。

成型条件的改进：降低注射压力；降低最后一级的注射速度；降低保压压力；降低推出速度；延长冷却时间。

模具结构的改进：改进浇口设计；改变浇口位置；加大脱模斜度；除掉模具上有咬边（即易挂件）的地方；加大推出面积；增加推杆数目。

制件设计的改进：加大脱模斜度。

（2）白化　白化的现象是推杆痕上出现白浊，常见于 ABS 树脂这类共混物或接枝共聚物改进冲击性的材料中。

成型条件的改进：降低注射压力；降低最后一级的注射速度；降低保压压力；降低推出速度；延长冷却时间。

模具结构的改进：改进浇口位置；改进浇口设计；加大脱模斜度；除掉模具上有咬边（即易挂件）的地方；增加推出面积；增加推杆数目。

制件设计的改进：加大脱模斜度。

（3）分离、分层现象（剥离）　原因在于：勉强地把不相容的材料混炼在一起。

成型材料的改进：不使用不相容的材料。

成型条件的改进：置换机筒；提高注射温度；提高模具温度。

（4）脆化　原因在于：干燥不良；物料的性能下降；其他料的污染；模温过低；有熔接痕的存在。

成型材料的改进：选用强度高的材料；改用相对分子质量大的材料；对材料进行充分干燥；对尼龙等材料在成型后，适当地吸水。

成型条件的改进：提高注射温度、速度；提高模具温度；减少材料在机筒内中的滞留时间；不使用脱模剂。

模具结构的改进：改进浇口位置；改进浇口设计；设计排气槽；在熔接部分设计护耳。

制件设计的改进：设加强肋。

4. 其他成型不良现象

（1）塑化中发生噪声　原因在于：螺杆旋转阻力大，易在压缩段和其前部发生噪声。

成型材料的改进：改用流动性好的材料，改用润滑性好的材料。

成型条件的改进：降低螺杆背压；降低螺杆转速；提高螺杆压缩段的温度。

（2）主流道容易残留物料　原因在于：主流道表面粗糙度太高；机筒上喷嘴和模具配合不良。

成型材料的改进：选用强度高的材料。

成型条件的改进：延长冷却时间；提高模具温度。

模具结构的改进：改用主流道前端直径大于机筒喷嘴直径的模具；降低主流道表面粗糙度；调整喷嘴 R 角；在主推出杆上加 Z 形斜口。

（3）制件和推杆或滑块粘在一起　原因在于：材料流进推杆或滑块间隙中固化。

成型材料的改进：选用流动性差的材料。

成型条件的改进：降低注射压力；降低注射速度；降低保压压力。

第 10 章　注塑模标准模架

10.1　模架组成零件

注塑模模架以其在模具中的应用方式，分为直浇口与点浇口两种形式，其组成零件分别如图 10-1 和图 10-2 所示。

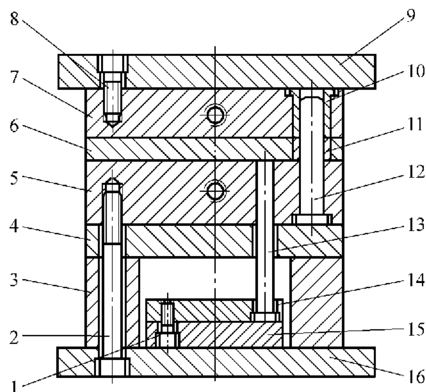


图 10-1　直浇口模架组成零件

1、2、8—内六角螺钉　3—垫块　4—支承板　5—动模板　6—推件板　7—定模板　9—定模座板　10—带头导套　11—直导套　12—带头导柱　13—复位杆　14—推杆固定板　15—推板　16—动模座板

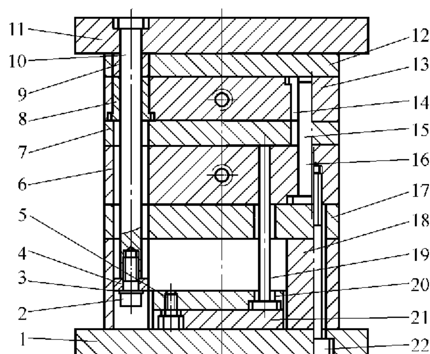


图 10-2　点浇口模架组成零件

1—动模座板　2、5、22—内六角螺钉　3—弹簧垫圈　4—挡环　6—动模板　7—推件板　8—带头导套　9—直导套　10—拉杆导柱　11—定模座板　12—推料板　13—定模板　14—带头导套　15—直导套　16—带头导柱　17—支承板　18—垫板　19—复位杆　20—推杆固定板　21—推板

10.2　模架组合形式

注塑模模架按结构特征分为 36 种主要结构，其中直浇口模架为 12 种，点浇口模架为 16 种，简化点浇口模架为 8 种。

10.2.1　直浇口模架组合形式

直浇口模架为 12 种，其中，直浇口基本型为 4 种，直身基本型为 4 种，直身无定模座板型为 4 种。

直浇口基本型分为 A 型、B 型、C 型和 D 型。A 型：定模二模板、动模二模板；B 型：定模二模板、动模二模板、加装推件板；C 型：定模二模板、动模一模板；D 型：定模二模板、动模一模板、加装推件板。直身基本型分为 ZA 型、ZB

型、ZC 型、ZD 型。直身无定模座板型分为 ZAZ 型、ZBZ 型、ZCZ 型和 ZDZ 型。

直浇口模架组合形式见表 10-1。

表 10-1 直浇口模架组合形式（GB/T 12555—2006）

组合形式	组合形式图	组合形式	组合形式图
直浇口基本型			
A 型		C 型	
B 型		D 型	
直浇口直身基本型			
ZA 型		ZC 型	
ZB 型		ZD 型	

（续）

组合形式	组合形式图	组合形式	组合形式图
直浇口直身无定模座板型			
ZAZ 型		ZCZ 型	
ZBZ 型		ZDZ 型	

10. 2. 2　点浇口模架组合形式

点浇口模架为 16 种，其中，点浇口基本型为 4 种，直身点浇口基本型为 4 种，点浇口无推料板型为 4 种，直身点浇口无推料板型为 4 种。

点浇口基本型分为 DA 型、DB 型、DC 型和 DD 型；直身点浇口基本型分为 ZDA 型、ZDB 型、ZDC 型和 ZDD 型；点浇口无推料板型分为 DAT 型、DBT 型、DCT 型和 DDT 型；直身点浇口无推料板型分为 ZDAT 型、ZDBT 型、ZDCT 型和 ZDDT 型。

点浇口模架组合形式见表 10-2。

表 10-2 点浇口模架组合形式（GB/T 12555—2006）

组合形式	组合形式图	组合形式	组合形式图
点浇口基本型			
DA 型		DC 型	
DB 型		DD 型	
直身点浇口基本型			
ZDA 型		ZDB 型	

（续）

组合形式	组合形式图	组合形式	组合形式图
直身点浇口基本型			
ZDB 型		ZDD 型	
点浇口无推料板型			
DAT 型		DCT 型	
DBT 型		DDT 型	

（续）

组合形式	组合形式图	组合形式	组合形式图
直身点浇口无推料板型			
ZDAT 型		ZDCT 型	
ZDBT 型		ZDDT 型	

10.2.3 简化点浇口模架组合形式

简化点浇口模架为 8 种，其中，简化点浇口基本型为 2 种，直身简化点浇口型为 2 种，简化点浇口无推料板型为 2 种，直身简化点浇口无推料板型为 2 种。

简化点浇口基本型分为 JA 型和 JC 型；直身简化点浇口型分为 ZJA 型和 ZJC 型；简化点浇口无推料板型分为 JAT 型和 JCT 型；直身简化点浇口无推料板型分为 ZJAT 型和 ZJCT 型。

简化点浇口模架组合形式见表 10-3。

表 10-3　简化点浇口模架组合形式（GB/T 12555—2006）

组合形式	组合形式图	组合形式	组合形式图
简化点浇口基本型			
JA 型		JC 型	
直身简化点浇口型			
ZJA 型		ZJC 型	
简化点浇口无推料板型			
JAT 型		JCT 型	

（续）

组合形式	组合形式图	组合形式	组合形式图
直身简化点浇口无推料板型			
ZJAT 型		ZJCT 型	

10.3 模架标记方法

根据 GB/T 12555—2006，模架应有下列标记：

1）模架。

2）基本型号。

3）系列代号。

4）定模板厚度 A，以 mm 为单位。

5）动模板厚度 B，以 mm 为单位。

6）垫块厚度 C，以 mm 为单位。

7）拉杆导柱长度，以 mm 为单位。

8）标准代号，即 GB/T 12555—2006。

示例 1：

模板宽 200mm、长 250mm，$A=50$mm，$B=40$mm，$C=70$mm 的直浇口 A 型模架标记如下：

模架　A 2025-50×40×70　GB/T 12555—2006

示例 2：

模板宽 300mm、长 300mm，$A=50$mm，$B=60$mm，$C=90$mm，拉杆导柱长度 200mm 的点浇口 B 型模架标记如下：

模架　DB 3030-50×60×90-200　GB/T 12555—2006

10.4 模架导向件与螺钉安装形式

根据使用要求，模架中的模架导向件与螺钉可以有不同的安装形式，GB/T

12555—2006《塑料注射模模架》中规定了以下几种安装形式：

1）根据模具使用要求，模架中的导柱导套可以分为正装与反装两种形式，如图 10-3 所示。

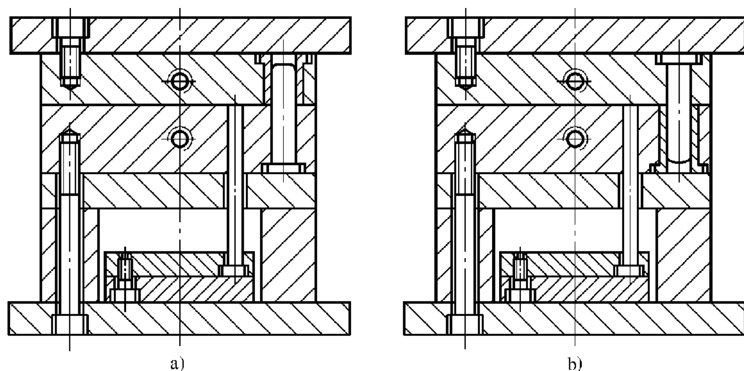


图 10-3　导柱导套正装与反装形式

a）导柱导套正装　b）导柱导套反装

2）根据模具使用要求，模架中的拉杆导柱可以分为装在内侧与装在外侧两种形式，如图 10-4 所示。

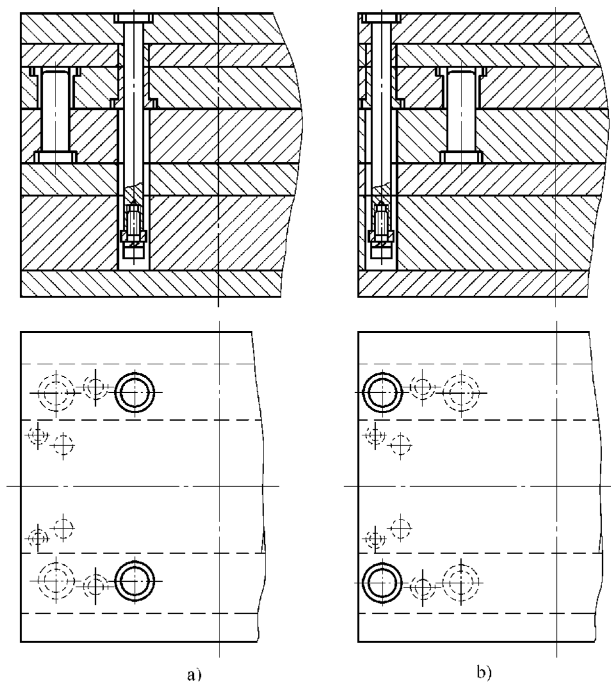


图 10-4　拉杆导柱安装形式

a）拉杆导柱在内　b）拉杆导柱在外

3）根据模具使用要求，模架中的垫块可以增加螺钉单独固定在动模座板上，如图 10-5 所示。

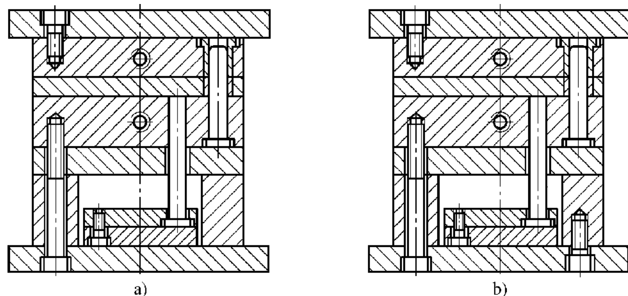


图 10-5 垫块与动模座板的安装形式

a）垫块与动模座板无固定螺钉 b）垫块与动模座板有固定螺钉

4）根据模具使用要求，模架中的推板可以加装推板导柱及限位钉，如图 10-6 所示。

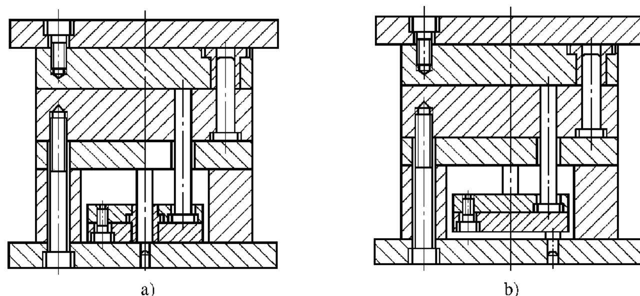


图 10-6 加装推板导柱及限位钉的形式

a）加装推板导柱 b）加装限位钉

5）根据模具使用要求，模架中的定模板厚度较大时，导套可以配装成图 10-7 所示结构。

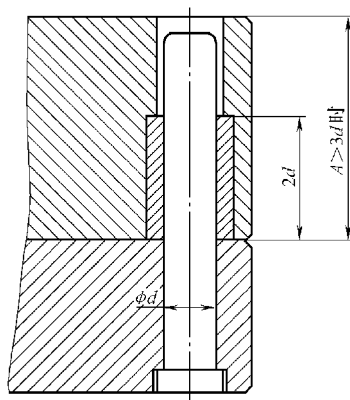


图 10-7 较厚定模板导套结构

10.5 基本型模架组合尺寸

GB/T 12555—2006《塑料注射模模架》中规定组成模架的零件应符合 GB/T 4169.1 ~4169.23—2006《塑料注射模零件》标准的规定。标准中所称的组合尺寸为零件的外形尺寸和孔径与空位尺寸。直浇口模架组合尺寸见图 10-8，点浇口模架组合尺寸见图 10-9，基本型模架组合尺寸见表 10-4。

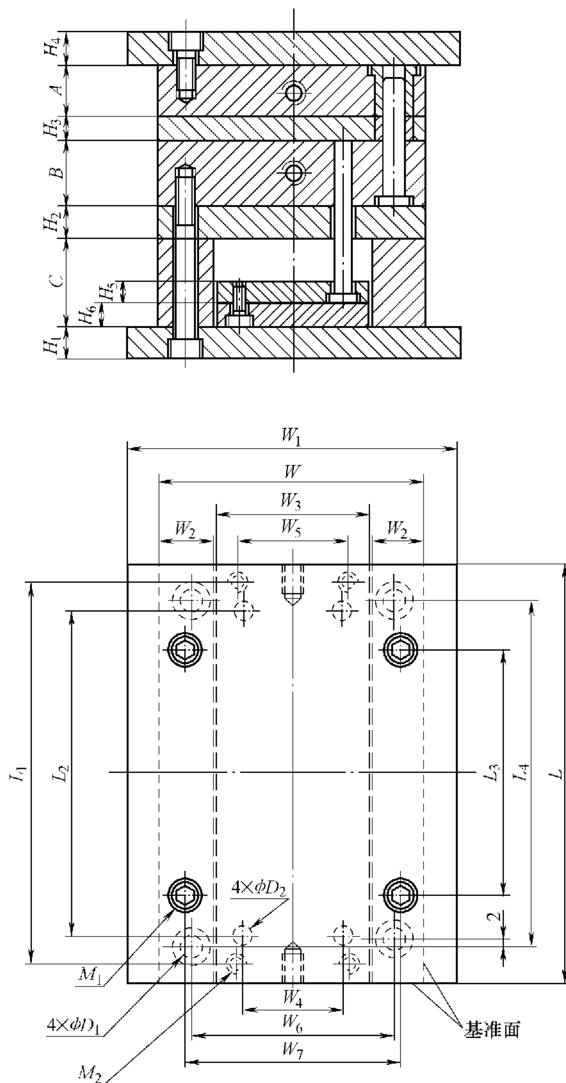


图 10-8 直浇口模架组合尺寸图示

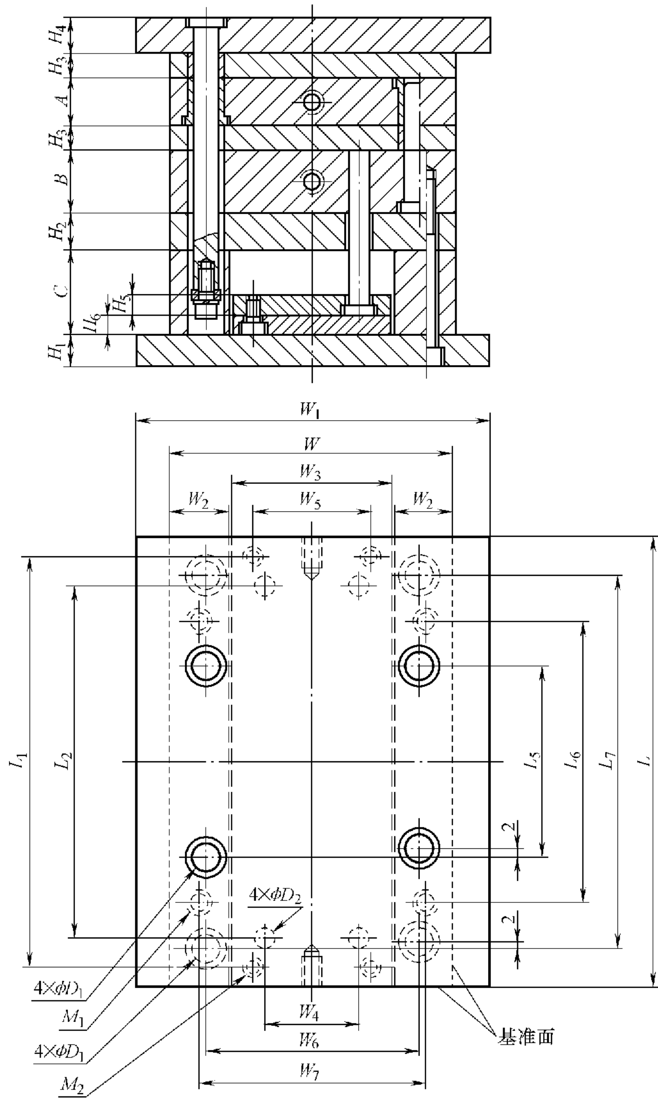


图 10-9　点浇口模架组合尺寸图示

表 10-4　基本型模架组合尺寸　　（单位：mm）

代号	系　　列										
	1515	1518	1520	1523	1525	1818	1820	1823	1825	1830	1835
W	150					180					
L	150	180	200	230	250	180	200	230	250	300	350
W_1	200					230					
W_2	28					33					
W_3	90					110					
A、B	20、25、30、35、40、45、50、60、70、80					25、30、35、40、45、50、60、70、80					
C	50、60、70					60、70、80					
H_1	20					20					
H_2	30					30					
H_3	20					20					
H_4	25					30					
H_5	13					15					
H_6	15					20					
W_4	48					68					
W_5	72					90					
W_6	114					134					
W_7	120					145					
L_1	132	162	182	212	232	160	180	210	230	280	330
L_2	114	144	164	194	214	138	158	188	208	258	308
L_3	56	86	106	136	156	64	84	114	124	174	224
L_4	114	144	164	194	214	134	154	184	204	254	304
L_5	—	52	72	102	122	—	46	76	96	146	196
L_6	—	96	116	146	166	—	98	128	148	198	248
L_7	—	144	164	194	214	—	154	184	204	254	304
D_1	16					20					
D_2	12					12					
M_1	4 × M10					4 × M12					6 × M12
M_2	4 × M6					4 × M8					

（续）

代号	系列											
	2020	2023	2025	2030	2035	2040	2323	2325	2327	2330	2335	2340
W	200						230					
L	200	230	250	300	350	400	230	250	270	300	350	400
W_1	250						280					
W_2	38						43					
W_3	120						140					
A、B	25、30、35、40、45、50、60、70、80、90、100						25、30、35、40、45、50、60、70、80、90、100					
C	60、70、80						70、80、90					
H_1	25						25					
H_2	30						35					
H_3	20						20					
H_4	30						30					
H_5	15						15					
H_6	20						20					
W_4	84	80					106					
W_5	100						120					
W_6	154						184					
W_7	160						185					
L_1	180	210	230	280	330	380	210	230	250	280	330	380
L_2	150	180	200	250	300	350	180	200	220	250	300	350
L_3	80	110	130	180	230	280	106	126	144	174	224	274
L_4	154	184	204	254	304	354	184	204	224	254	304	354
L_5	46	76	96	146	196	246	74	94	112	142	192	242
L_6	98	128	148	198	248	298	128	148	166	196	246	296
L_7	154	184	204	254	304	354	184	204	224	254	304	354
D_1	20						20					
D_2	12	15					15					
M_1	4 × M12		6 × M12				4 × M12		4 × M14		6 × M14	
M_2	4 × M8						4 × M8					

（续）

代号	系列												
	2525	2527	2530	2535	2540	2545	2550	2727	2730	2735	2740	2745	2750
W	250							270					
L	250	270	300	350	400	450	500	270	300	350	400	450	500
W_1	300							320					
W_2	48							53					
W_3	150							160					
A、B	30、35、40、45、50、60、70、80、90、100、110、120							30、35、40、45、50、60、70、80、90、100、110、120					
C	70、80、90							70、80、90					
H_1	25							25					
H_2	35							40					
H_3	25							25					
H_4	35							35					
H_5	15							15					
H_6	20							20					
W_4	110							114					
W_5	130							136					
W_6	194							214					
W_7	200							215					
L_1	230	250	280	330	380	430	480	246	276	326	376	426	476
L_2	200	220	250	298	348	398	448	210	240	290	340	390	440
L_3	108	124	154	204	254	304	354	124	154	204	254	304	354
L_4	194	214	244	294	344	394	444	214	244	294	344	394	444
L_5	70	90	120	170	220	270	320	90	120	170	220	270	320
L_6	130	150	180	230	280	330	380	150	180	230	280	330	380
L_7	194	214	244	294	344	394	444	214	244	294	344	394	444
D_1	25							25					
D_2	15			20				20					
M_1	4 × M14			6 × M14				4 × M14			6 × M14		
M_2	4 × M8							4 × M10					

（续）

代号	系列												
	3030	3035	3040	3045	3050	3055	3060	3535	3540	3545	3550	3555	3560
W	300							350					
L	300	350	400	450	500	550	600	350	400	450	500	550	600
W_1	350							400					
W_2	58							63					
W_3	180							220					
A、B	35、40、45、50、60、70、80、90、100、110、120、130							40、45、50、60、70、80、90、100、110、120、130					
C	80、90、100							90、100、110					
H_1	25		30					30					
H_2	45							45					
H_3	30							35					
H_4	45							45			50		
H_5	20							20					
H_6	25							25					
W_4	134			128				164			152		
W_5	156							196					
W_6	234							284			274		
W_7	240							285					
L_1	276	326	376	426	476	526	576	326	376	426	476	526	576
L_2	240	290	340	390	440	490	540	290	340	390	440	490	540
L_3	138	188	238	288	338	388	438	178	224	274	308	358	408
L_4	234	284	334	384	434	484	534	284	334	384	424	474	524
L_5	98	148	198	244	294	344	394	144	194	244	268	318	368
L_6	164	214	264	312	362	412	462	212	262	312	344	394	444
L_7	234	284	334	384	434	484	534	284	334	384	424	474	524
D_1	30							30			35		
D_2	20			25				25					
M_1	4 × M14	6 × M14		6 × M16				4 × M16	6 × M16				
M_2	4 × M10							4 × M10					

（续）

代号	系　列										
	4040	4045	4050	4055	4060	4070	4545	4550	4555	4560	4570
W	400						450				
L	400	450	500	550	600	700	450	500	550	600	700
W_1	450						550				
W_2	68						78				
W_3	260						290				
A、B	40、45、50、60、70、80、90、100、110、120、130、140、150						45、50、60、70、80、90、100、110、120、130、140、150、160、180				
C	100、110、120、130						100、110、120、130				
H_1	30	35					35				
H_2	50						60				
H_3	35						40				
H_4	50						60				
H_5	25						25				
H_6	30						30				
W_4	198						225				
W_5	234						264				
W_6	324						364				
W_7	330						370				
L_1	374	424	474	524	574	674	424	474	524	574	674
L_2	340	390	440	490	540	640	384	434	484	534	634
L_3	208	254	304	354	404	504	236	286	336	386	486
L_4	324	374	424	474	524	624	364	414	464	514	614
L_5	168	218	268	318	368	468	194	244	294	344	444
L_6	244	294	344	394	444	544	276	326	376	426	526
L_7	324	374	424	474	524	624	364	414	464	514	614
D_1	35						40				
D_2	25						30				
M_1	6 × M16						6 × M16				
M_2	4 × M12						4 × M12				

（续）

代号	系列									
	5050	5055	5060	5070	5080	5555	5560	5570	5580	5590
W	500					550				
L	500	550	600	700	800	550	600	700	800	900
W_1	600					650				
W_2	88					100				
W_3	620					340				
A、B	50、60、70、80、90、100、110、120、130、140、150、160、180					70、80、90、100、110、120、130、140、150、160、180、200				
C	100、110、120、130					110、120、130、150				
H_1	35					35				
H_2	60					70				
H_3	40					40				
H_4	60					70				
H_5	25					25				
H_6	30					30				
W_4	256					270				
W_5	294					310				
W_6	414					444				
W_7	410					450				
L_1	474	524	574	674	774	520	570	670	770	870
L_2	434	484	534	634	734	480	530	630	730	830
L_3	286	336	386	486	586	300	350	450	550	650
L_4	414	464	514	614	714	444	494	594	694	794
L_5	244	294	344	444	544	220	270	370	470	570
L_6	326	376	426	526	626	332	382	482	582	682
L_7	414	464	514	614	714	444	494	594	694	794
D_1	40					50				
D_2	30					30				
M_1	6 × M16				8 × M16	6 × M20			8 × M20	
M_2	4 × M12				6 × M12	6 × M12			8 × M12	10 × M12

（续）

代号	系列									
	6060	6070	6080	6090	60100	6565	6570	6580	6590	65100
W	600					650				
L	600	700	800	900	1000	650	700	800	900	1000
W_1	700					750				
W_2	100					120				
W_3	390					400				
A、B	70、80、90、100、1110、120、130、140、150、160、180、200					70、80、90、100、110、120、130、140、150、160、180、200、220				
C	120、130、150、180					120、130、150、180				
H_1	35					35				
H_2	80					90				
H_3	50					60				
H_4	70					80				
H_5	25					25				
H_6	30					30				
W_4	320					330				
W_5	360					370				
W_6	494					544				
W_7	500					530				
L_1	570	670	770	870	970	620	670	770	870	970
L_2	530	630	730	830	930	580	630	730	830	930
L_3	350	450	550	650	750	400	450	550	650	750
L_4	494	594	694	794	894	544	594	694	794	894
L_5	270	370	470	570	670	320	370	470	570	670
L_6	382	482	582	682	782	434	482	582	682	782
L_7	494	594	694	794	894	544	594	694	794	894
D_1	50					50				
D_2	30					30				
M_1	6 × M20		8 × M20	10 × M20		6 × M20	8 × M20		10 × M20	
M_2	6 × M12		8 × M12	10 × M12		6 × M12		8 × M12	10 × M12	

（续）

代号	系　列								
	7070	7080	7090	70100	70125	8080	8090	80100	80125
W	700					800			
L	700	800	900	1000	1250	800	900	1000	1250
W_1	800					900			
W_2	120					140			
W_3	450					510			
A、B	70、80、90、110、120、130、140、150、160、180、200、220、250					80、90、100、110、120、130、140、150、160、180、200、220、250、280、300			
C	150、180、200、250					150、180、200、250			
H_1	40					40			
H_2	100					120			
H_3	60					70			
H_4	90					100			
H_5	25					30			
H_6	30					40			
W_4	380					420			
W_5	420					470			
W_6	580					660			
W_7	580					660			
L_1	670	770	870	970	1220	760	860	960	1210
L_2	630	730	830	930	1180	710	810	910	1160
L_3	420	520	620	720	970	500	600	700	950
L_4	580	680	780	880	1130	660	760	860	1110
L_5	324	424	524	624	874	378	478	578	828
L_6	452	552	652	752	1002	516	616	716	966
L_7	580	680	780	880	1130	660	760	860	1110
D_1	60					70			
D_2	30					35			
M_1	8 × M20		10 × M20	12 × M20	14 × M20	8 × M24		10 × M24	12 × M24
M_2	6 × M12	8 × M12	10 × M12			8 × M16	10 × M16		

（续）

代号	系列									
	9090	90100	90125	90160	100100	100125	100160	125125	125160	125200
W	900				1000			1250		
L	900	1000	1250	1600	1000	1250	1600	1250	1600	2000
W_1	1000				1200			1500		
W_2	160				180			220		
W_3	560				620			790		
A、B	90、100、110、120、130、140、150、160、180、200、220、250、280、300、350				100、110、120、130、140、150、160、180、200、220、250、280、300、350、400			100、110、120、130、140、150、160、180、200、220、250、280、300、350、400		
C	180、200、250、300				180、200、250、300			180、200、250、300		
H_1	50				60			70		
H_2	150				160			180		
H_3	70				80			80		
H_4	100				120			120		
H_5	30				30、40			40、50		
H_6	40				40、50			50、60		
W_4	470				580			750		
W_5	520				620			690		
W_6	760				840			1090		
W_7	740				820			1030		
L_1	860	960	1210	1560	960	1210	1560	1210	1560	1960
L_2	810	910	1160	1510	900	1150	1500	1150	1500	1900
L_3	600	700	950	1300	650	900	1250	900	1250	1650
L_4	760	860	1110	1460	840	1090	1440	1090	1440	1840
L_5	478	578	828	1178	508	758	1108	758	1108	1508
L_6	616	716	966	1316	674	924	1274	924	1274	1674
L_7	760	860	1110	1460	840	1090	1440	1090	1440	1840
D_1	70				80			80		
D_2	35				40			40		
M_1	10 × M24	12 × M24		14 × M24	12 × M24		14 × M24	12 × M30	14 × M30	16 × M30
M_2	10 × M16		12 × M16		10 × M16	12 × M16		12 × M16		

第 11 章　注塑模 CAD 及其智能系统

注塑模 CAD 技术始于 20 世纪 60 年代，蓬勃发展于 20 世纪 80、90 年代。进入 21 世纪后，该技术得到了进一步发展及完善。

11.1　概述

1. 注塑模 CAD 的特点

注塑成型方法能对形状复杂的塑料产品一次成型，是一种高效率、大批量的生产方式。现在，用这种方式生产的塑料产品在整个塑料产品中占有很大的比重。注塑成型模具是这种生产方式中的关键工艺装备。由于塑料注射成型工艺十分复杂，设计模具时要考虑的因素比较多，因此传统的手工设计方法对模具设计人员的知识、经验和技术要求很高。

注塑模设计的主要特点如下所述：

（1）外部约束条件多　要选择适合的塑料并对所选塑料的性能参数及工艺条件进行认真考虑，要考虑注塑机的注塑量、注射压力、锁模力、机架尺寸和刚度等条件，还要充分考虑塑料产品的形状结构、尺寸大小及其使用场合和生产批量等需求。

（2）结构复杂且灵活多变　注塑模具包含模架、成型零部件、浇注系统、冷却系统、脱膜机构等部分。成型零部件一般由凸模、凹模和侧向抽芯机构等部分组成。浇注系统包括主流道、分流道和浇口等部分。冷却系统一般包括定模水道、动模水道和型芯中的冷却芯等部分。结构的复杂性由此可见一斑。无论是模具整体结构还是某些零部件的结构，在设计实现时大都没有固定不变的准则可循，不同的设计师往往设计出不完全相同的可行结构方案，灵活性很大。

（3）经验性与试探性强　注塑成型工艺过程难以用定量关系来描述，并存在许多不确定的因素。因此，注塑模具设计离不开设计师的经验，而且设计出来的模具一般都要经过反复的试模与修模过程。

上述这些特点反映到注塑模 CAD 系统的开发方面，要求系统具有功能丰富、流程复杂、交互性强、用户界面友好等特点。此外，一般的注塑模 CAD 系统对操作人员的领域知识和设计决策能力要求比较高。

注塑模 CAD 技术主要从两个方面对模具设计人员提供强有力的帮助：一是 CAE，二是结构 CAD。

注塑模 CAE（Computer Aided Engineering，计算机辅助工程）是指使用计算

机对模具进行有限元结构力学分析、流动分析模拟和冷却分析模拟等。

注塑模结构 CAD 包括塑料产品的建模、模具总体结构方案设计和零部件设计、数控仿真和数控程序生成、模具装配模拟、零件图和装配图的生成与绘制等方面。

注塑模 CAD 系统一般都需要建立塑料和模具材料的性能参数数据库、注塑机规范数据库及标准模架和模具标准件等的图形库和数据库，要求实现模具的标准化和系列化。

注塑模 CAD/CAM 一体化系统，一般具有五个相互独立又相互联系的部分，即：

1）产品图输入或产品造型。

2）模具总体设计方案的确定。

3）模具结构设计和零件设计。

4）模具强度分析和注塑成型过程中的流动分析模拟和冷却分析模拟。

5）与 CAM 系统的接口（数控仿真和数控加工程序生成）。

这种系统的结构框图如图 11-1 所示。

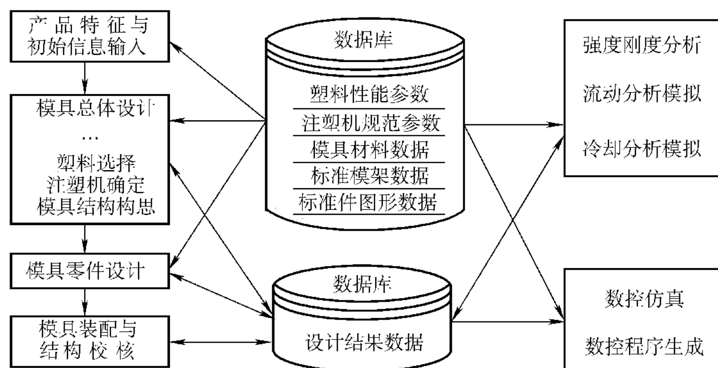


图 11-1　注塑模 CAD/CAM 系统结构框图

2. 注塑模 CAD 技术

随着工业，尤其是塑料工业的飞速发展，塑料制件的更新速度加快，注塑产品对模具的要求也越来越严格，传统的注塑模设计制造方法已无法适应现代工业发展的需要。这些因素使工程技术人员更加清晰地认识到，注塑模计算机辅助设计技术是提高注塑模设计与制造效率的有效途径。

注塑模计算机辅助设计技术，是模具设计工程师和模具制造工程师在 CAD 系统的辅助下，根据注塑产品的综合特性（几何特性和非几何特性）进行模具设计和制造的一项先进技术。模具设计工程师根据注塑产品的综合特性进行模具结构方案设计，经过初步分析和论证，在满足特定技术条件后进行模具结构的详细设计，同时进行详细的工艺和力学分析，最终输出相关技术文档。而模具制造

工程师则根据 CAD 过程所提供的设计信息，进行模具零件的制造工艺设计和 NC 编程，最终生成模具零件制造加工过程的控制信息。

注塑模 CAD 是改造传统注塑模设计与制造方式的关键技术。注塑模 CAD 技术的应用缩短了模具开发周期，提高了设计质量，减少了开发和制造成本。

传统的注塑模设计是以手工和经验设计为主，但随着注塑产品结构复杂程度的增加和产品更新周期的加快，传统的设计与制造方法显然难以适应市场竞争的需要，发展注塑模 CAD 技术是必然趋势。应用 CAD 技术进行注塑产品开发，不仅可缩短注塑产品及其模具的设计和制造周期，同时还可增强计算分析能力，优化设计结果，提高注塑产品质量。而且设计、分析、制造和检测都基于同一产品模型，从而有利于保证整个产品开发过程的正确性、可靠性和完整性，并最终实现设计、分析和制造过程的自动化。

注塑模设计过程中存在着大量重复性工作，如相同或相似零部件的多次重复使用以及设计过程的多次重复等。注塑模 CAD 技术的应用使模具设计工程师从繁重的重复劳动中解放出来，让模具设计工程师能够更专注于创造性的设计工作，以最终提高模具的设计质量。

（1）注塑模 CAD 系统的设计过程　注塑模设计工程师在计算机上利用 CAD 系统进行注塑模设计，与传统的设计方法有本质的区别。因为利用 CAD 技术进行注塑模设计，所有的设计、分析、制造和检测都基于同一产品信息模型，在进行产品或模具设计的同时，可并行地进行其他相关过程设计，从而大大缩短了产品的开发周期，提高了产品质量。

根据传统注塑模设计流程，结合 CAD 技术的特点，可归纳出图 11-2 所示的注塑模 CAD 流程。其中在各设计校核和分析评估阶段，都需要制定详细的评估内容与评估标准，并根据用户的要求对校核和分析结果进行评估，及时修改不能满足用户需求的设计内容。

（2）注塑模 CAD 技术的基本内容　注塑模 CAD 系统的主要内容应包含注塑模设计工程应用数据库模块、注塑模 CAD 设计功能模块、CAM 模块或接口和 CAE 模块或接口；另外，为支持并行工程的应用，还应增加产品数据管理模块。

工程应用数据库是 CAD 技术的应用基础，它主要解决应用中大量数据的持久保存、安全操作和多用户、多应用共享等数据管理问题。同时，为了有效地支持设计过程，数据库中应包括所有设计生产产品及其模具所必需的全部资料，按存储数据的类型一般可分为以下几类：

1）材料数据库，如工程塑料库、模具材料库和冷却介质库等。

2）注塑设备库，如注塑机规格、型号等。

3）标准件库，如标准零件库、标准模架库等。

4）典型机构结构库，如抽芯机构常用结构库、顶出机构结构库等。

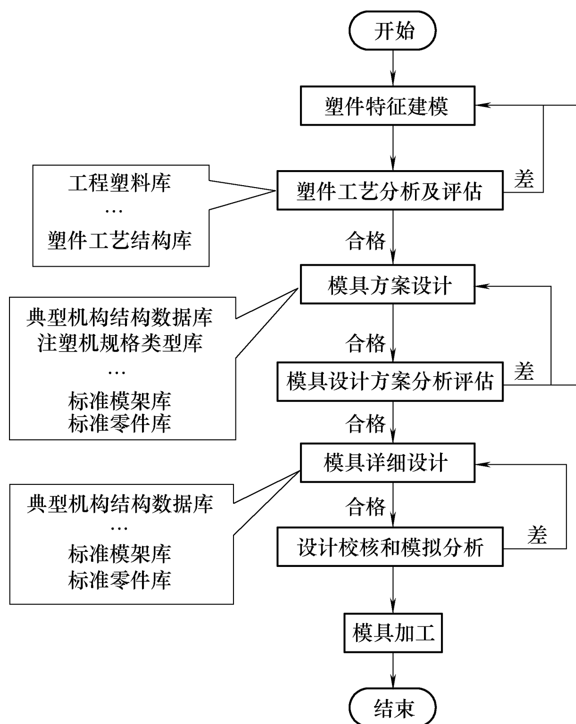


图 11-2　注塑模 CAD 设计流程图

5）事例库，存储典型模具结构和设计方案等。

注塑模计算机辅助系统中，设计模块主要是进行模具方案设计和塑件及模具零件造型设计。其中造型功能的强弱直接关系到 CAD 设计模块的设计效率和质量，是注塑模 CAD 系统的关键和核心模块。

CAM 模块或接口直接利用 CAD 生成的零件三维实体模型进行 NC 编程，生成加工指令和进行加工模拟。

CAE 模块或接口可对设计的注塑件和注塑模进行注塑工艺分析,包括流动、温度和应力等分析,帮助模具设计工程师进行设计和校核,并对最终设计进行优化。

3. 注塑模 CAD 的发展概况

注塑模 CAD 的发展历史是注塑模设计制造与 CAD 技术相互促进、相互依赖、共同发展的历史。注塑模 CAD 技术的兴起和应用，首先是由于 CAD 技术和通用 CAD 系统的发展，另外，也是由于注塑模理论的发展及注塑模设计和制造本身对 CAD 技术应用迫切需求的内在要求。

随着计算机的升级换代，计算机图形学和计算机技术的迅速发展，从 20 世纪 60 年代到 70 年代，是 CAD/CAM 技术的飞速发展的阶段。20 世纪 60 年代中期，美国和英国的许多大公司和大学投入大量的人力和物力对 CAD/CAM 技术进

行研究和开发，并研制出许多实用的 CAD/CAM 系统。与此同时，英国、美国和加拿大等国的学者开展了有关塑料熔体在模具型腔内流动和冷却的基础研究，建立了熔体一维流动数学模型，为系统地开展注塑模 CAD 研究奠定了基础。

从 1972 年开始，加拿大麦吉尔（McGill）大学化学工程系 M. R. Kamal 教授领导的研究小组对注塑成型工艺的计算机模拟、过程控制和塑料性能试验等进行了系统研究，在此基础上建立了注塑工艺过程计算机模拟集成系统 MCKAM。美国康奈尔大学的 K. K. Wang 领导的注塑模科研组从 1974 年开始对注塑模 CAD/CAM/CAE 技术进行了深入研究，先后建立了注塑过程流动、保压、冷却的一维、二维和三维数学模型，开展了塑料熔体流变性能和热性能的实验研究，创立了流道平衡计算的数学模型。经过长期的研究和发展，注塑模设计计算机辅助技术已进入实用阶段。

4. 注塑模 CAD 的发展趋势

CAD 技术的发展方向今后仍然是集成化、智能化、柔性、网络化与并行设计、提高系统的实用性和使用方便性，以及降低价格等。下面简述几个显著的发展趋势。

（1）CAD 与 CAM 系统集成　设计、制造或施工及相应的生产与工程管理等方面存在紧密的联系。为了提高工作效率，人们首先将 CAD 与 CAM 两个过程有机地连接起来，实现了 CAD/CAM 一体化。这种系统将 CAD 的设计结果直接用于数控仿真和生成数控加工程序，在数控机床上进行自动加工。

在这种一体化系统的基础上,人们又积极开展计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System,CIMS)的研制。CIMS 系统基于计算机技术和信息技术,将设计、制造和生产管理、经营决策等方面有机地结合成一个整体,形成物流和信息流的综合,对产品设计、零件加工、整机装配和检测检验的全过程实施计算机控制,从而达到进一步提高效率、提高柔性、提高质量和降低成本的目的。

（2）建立和应用 CAD 网络环境　现在，将多台微型机 CAD 工作站联网或将多台微型机 CAD 工作站和工程工作站联网，构成分布式 CAD 系统，已成为一种趋势。这种网络系统结构灵活、功能强大、价格较低。每个工作站可单独使用，也可相互配合，实现资源和信息共享，也可实现并行设计和协同工作。这种 CAD 网络很适合企业单位的需要。这是因为企业中的产品设计与制造一般都不是个人行为，而是一个组或一个科室群体有组织有计划进行的工程项目。参加工作的各个成员必须相互配合、协同努力，在规定的权限下共享资源和已有的设计结果，有关负责人还要对各步的设计结果进行审核。CAD 网络的建立以及设计管理和协同设计功能的实现，无疑将大大促进企业经济效益的提高。

（3）人工智能与专家系统技术的应用　设计过程需要大量的设计知识和专家经验。一般的 CAD 系统都是一种人机系统，即系统中包含了使用系统的人。使用

CAD 系统的设计者在系统行为中起着主导和决策的作用。人工智能（AI）、专家系统（ES）和基于知识的系统（Knowledge-Based System，KBS）技术的发展及其在设计领域的应用，为 CAD 技术的发展开辟了新的途径，从而出现了新的面貌。

11.2　注塑模的软件及硬件配置

1. 注塑模软件

软件的特点及开发环境可能有区别，注塑模 CAD、CAE、CAM 软件有一般通用工程软件的功能，具体包括以下几方面：

（1）自由曲面造型功能　系统应能根据给定的离散数据和工程问题的边界条件，来定义、生成、控制和处理过渡曲面和多边域曲面，并能方便地构造带有自由曲面产品的几何模型。

（2）实体造型功能　系统应具有定义和生成几何体素的能力，并能采用几何体素和规则几何形体构造产品的几何模型。

（3）参数化造型功能　系统应具有三维参数化造型功能，即能够用几何约束（尺寸及其类型）来修改产品的几何形状。在注塑模具 CAD/CAM 系统中，参数化功能可以方便地用于由产品形状生成型腔形状，以及建立标准模架及其零件库等。

（4）物体质量特性计算功能　系统应具有根据产品几何模型计算其体积、表面积、质量、密度、中心及轴向转动惯性矩等数据的能力，以便为后续工程分析和数值计算提供必要的参数和数据。

（5）图形显示及编辑功能　系统应具有动态显示三维图形、消除隐藏线、生成彩色浓淡图（或称阴影图）的能力，并能方便地对生成的图形进行删除、增加与修改。

（6）二维视图生成功能　产品的几何造型需要三维图形生成功能，而模具结构图在传统上仍采用二维多向视图，这就要求 CAD 系统能方便地将三维图形转换为各个投影方向的二维视图。

（7）有限元网格生成功能　为能用有限元法对产品或模具结构进行性能分析，系统应具有有限元网格自动生成的能力。

（8）数控加工功能　系统应具有多轴数控机床的数控加工指令生成的能力，并能在屏幕上显示刀具运动轨迹，以及对数控加工的全过程进行动态仿真。

（9）三维运动机构的分析与仿真功能　系统应具有对运动机构（如模具开合、侧向抽芯等）运动轨迹和干涉校核进行研究的能力，为用户提供直观的仿真效果。

（10）信息处理与管理功能　系统应具有统一处理和管理产品设计与制造等全部信息的能力，并能与其他系统进行数据传输与交换。

图 11-3 给出了注塑模 CAD/CAE/CAM 软件配置。

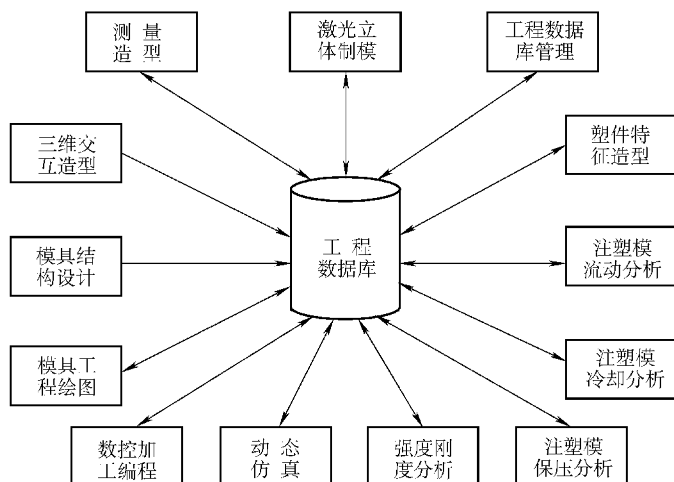


图 11-3　注塑模 CAD/CAE/CAM 软件配置

2. 注塑模硬件

根据现代模具设计加工的特点，图 11-4 给出了注塑模 CAD/CAE/CAM 硬件配置。

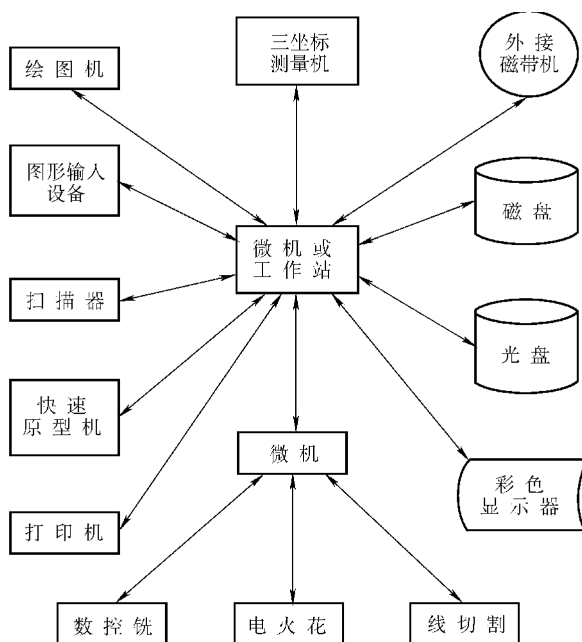


图 11-4　注塑模 CAD/CAE/CAM 硬件配置

11.3　注塑模 CAD

11.3.1　注塑模设计的基本原则

注塑成型是最大量生产塑料制件的主要成型方法之一。能有效地利用这种成型方法的关键在于模具。模具与制件设计有着非常密切的关系。模具是把制件设计意图化为大批量生产的手段，如在制件设计方面存在不合理之处或缺陷，势必制造不出高质量的模具。因此，首先必须在制件设计上把住关，按照塑料制件工艺设计的要求进行，对已确定的制件设计从模具结构上弥补制件设计中不可避免的缺点，以及实现大批量生产，这是模具应完成的任务。

1. 与注塑机的关系

1）根据制件的体积（或质量）与型腔数、与注塑机开模运动方向相垂直的分型面上总投影面积，以及浇注系统等，使用注塑量与锁模力适当的注塑机（单位型腔压力一般选择：柱塞型注塑机 40 ~ 50MPa，螺杆型注塑机 25 ~ 45MPa）。

2）根据塑料材料、制件的形状、尺寸与精度等级、模具的结构特点等，使用具有足够注射压力的注塑机。

3）设计模具的尺寸与注塑机的拉杆间距、装模板尺寸、安装模具螺钉孔的位置关系要求恰当。

4）考虑模具的厚度、制件的高度尺寸及具有侧向分型抽芯机构的抽拔距离等关系，即制件的推出与注塑机开模行程、装模板的最大最小间距相适应。

5）模具的推出机构与注塑机顶出杆的位置相适应，分析推出制件时所需脱膜力的大小与分布，在制件推出时确保推出平衡。

6）模具上定位环的外径尺寸与注塑机的定位孔尺寸应成一定精度的间隙配合。

7）模具上主流道的进口直径应比注塑机喷嘴的喷口直径大 0.5 ~ 1mm。

8）模具上主流道衬套的凹球半径应大于注塑机喷嘴头部凸球面半径。

2. 与塑料材料的关系

1）根据制件的使用要求（如物理力学性能、化学性能等）进行认真的研究，选择适当的塑料材料。

2）塑料材料的成型收缩率除因材料的品种，即本身的特性（结晶性与非结晶性）不同而异之外，还因成型工艺条件（如材料的湿度、模具的温度、成型的压力、温度与保压冷却时间等）、塑料制件的结构以及模具的结构等不同而异，故应认真审核，确定收缩率的值，并且根据允许公差表确定模具尺寸。

3）影响塑料制件精度的因素十分复杂，因此塑料制件精度的确定应该合

理，尽可能选用低精度等级。

4）脱模斜度的确定：大部分制件的最小脱模斜度为1°左右，具体的值要根据塑料材料与制件的使用要求而确定。在不影响使用要求的情况下，应尽量取大。

3. 与模具结构的关系

1）应根据制件所需数量与设备条件确定适当的型腔数量、型腔位置的排列。尽量使型腔排列紧凑，流道长度要求最短，并且力求锁模压力平衡。型腔尽量采用拼镶结构，以提高塑件的精度。

2）根据塑料材料、模具材料、制件的形状、模具结构、成型压力等计算模具型腔壁厚及底板的厚度（模具的刚度和强度计算）。

3）根据制件的最大断面轮廓,尽量采用一个与注塑机开模运动方向相垂直的分型面,且分型面上滑动配合部分应尽量简单。应设法避免与开模运动方向垂直的侧向分型抽芯,同时要考虑制件的留模,并顺利顶出与保证制件的精度要求。

4）对有侧凹和侧孔的制件，应将抽芯或分型距离短的、投影面积较小的作为侧向分型抽芯，并采用在动模一侧进行侧向分型抽拔型芯等基本模具结构形式，同时要考虑侧向分型抽芯机构（如侧型芯、瓣合块、侧向成型杆、机械传动机构等）的位置正确与动作可靠。

5）确定制件合适的脱模方式（采用推杆、推板、推管、气压或液压、多元件组合以及其他的形式）与脱模位置，保证制件在脱模过程中不变形，不损伤制件的外观，且脱模机构工作可靠、运动灵活，本身具有足够的强度和刚度，并确保模具的安全。

6）确定浇注系统的形式、位置及尺寸，保证熔料平稳而有顺序地充满型腔，顺利地排出型腔内的气体，可靠地传递压力，并通过浇口的适时凝固来控制补料时间。

7）对模具温度控制系统进行设计。根据塑料的品种，确定温度调节系统是采用加热方式还是冷却方式。如采用冷却方式，则要确定冷却孔的面积、尺寸及分布。要采用快速、大流量冷却水，最终达到模温均一，塑件各部位同时冷却，以提高生产率和提高塑件质量。并要求温度调节系统要尽量做到结构简单、加工容易、成本低廉。

11.3.2 注塑模 CAD 方案设计

在进行注塑模设计时，首先要进行方案设计。注塑模方案设计的目的是在进行详细的模具结构设计前，构思出多种模具总体结构的设计方案，主要包括分型方向和分型面的选择、模具合理的型腔数目的选择和结构布局、注塑机和模架的选择、注塑模一般结构的设计和模具的基本成本计算等，并对设计方案进行综合

分析评估，选择最优方案指导模具的详细设计。图 11-5 所示为注塑模 CAD 方案设计功能结构。

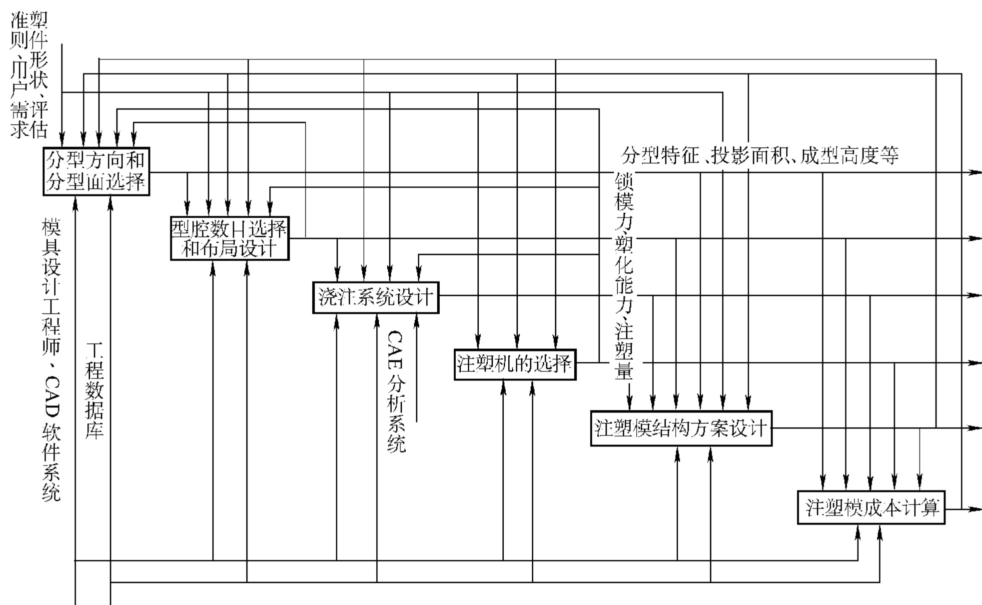


图 11-5　注塑模方案设计功能结构图

1. 分型面选择

分型面是把注塑产品和浇注系统从模具中脱出的分界面，一般位于注塑产品沿某一分型方向上的最大轮廓处。分型面的位置与分型方向有关，它们之间是相互影响的。如用户已规定了分型方向和分型面的位置，则只对用户指定的分型状态进行标注和有关计算，如投影面积、成型高度等计算。

不同分型方向的选择，将使最终设计完成的模具的复杂程度和生产制造成本大不相同。因为不同的分型方向使注塑产品在指定的分型方向上的投影面积各不相同，成型零件的高度不同和所需侧向抽芯的数目不同，如图 11-6 所示。投影面积和成形高度与所选择的注塑机的型号是相互依赖和相互制约的，而侧向抽芯数目的多少决定了最终设计完成的模具结构的复杂程度。

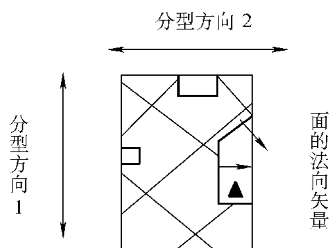


图 11-6　零件侧向成型区域

另外，在选择分型方向的同时，要考虑分型面和分型面数目的选择。分型面主要是根据用户的需求和分型面选择设计的原则进行选择。分型面的形状及位置

选择是否恰当，设计是否合理，在注塑模的设计中十分重要。影响分型面选择的因素有注塑产品的几何形状、型腔数目、浇注系统和注塑零件的脱模系统等。

分型方向和分型面的自动选择十分困难，而分型方向和分型面选择方案的评估和最优选择也十分困难。因为许多设计选择的准则都是软性指标，很难用定量的参数进行表示，而有些原则之间是相互矛盾的。从工业生产的原则和效率出发，一般按用户的具体标准和设计惯例进行评判。

在 CAD 系统中要生成分型面，有时需在注塑产品的实体模型上生成分型线，它一般是注塑产品的实体模型在指定分型方向上的最大轮廓线。这些轮廓线可以组成一个封闭环，在分型线特征提取出后，分型面的生成会变得方便，甚至分型面的自动生成也将成为可能。

目前，在注塑模 CAD 系统中，分型方向和分型面的选择多以交互方式实现，并可以选择过程中进行约束和部分智能化指导。

2. 浇注系统

浇注系统的设计包括结构设计和浇注系统结构零件设计，设计流程如图 11-7 所示。

（1）浇注系统的结构设计　浇注系统结构设计主要是按在方案设计阶段中所确定的浇注系统结构方案，进行详细的浇注系统结构设计。

在浇注系统设计过程中，对于设计结果的可视化、可修改性有很高的要求。另外，浇注系统的整个空间构造结构及其各部分的截面几何形状设计应尽量独立，使它们都能单独进行修改，以满足模具的设计需要。

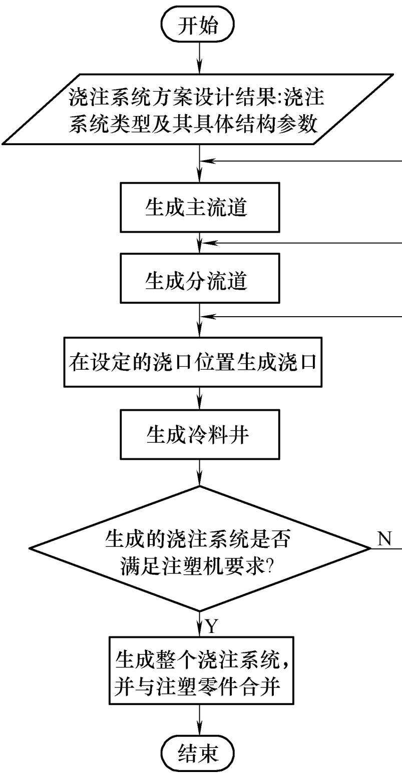


图 11-7　浇注系统设计流程图

（2）浇注系统结构零件的设计　浇注系统结构零件的多少与浇注系统的类型有关。浇注系统一般分为两大类型：普通浇注系统和无流道浇注系统。

普通浇注系统的结构零件较少，且结构简单，主要包括浇口套、定位环、拉料杆和螺钉（栓）等标准件。

3. 成型零件

成型零件的生成主要是动定模的设计，即动模和定模的生成。其一般生成过程分为：分型面的设计、包容体的添加和动定模的设计三个步骤。成型零件生成

模块的功能结构如图 11-8 所示。在进行成型零件的结构设计过程中，对于方便的实体编辑工具有较高的要求。例如，在考虑到加工设备和制造费用时，有时要对生成的动定模进行二次设计，即对动定模进行分割和编辑，降低成型零件的复杂程度，以满足不同的加工设备的工艺要求。

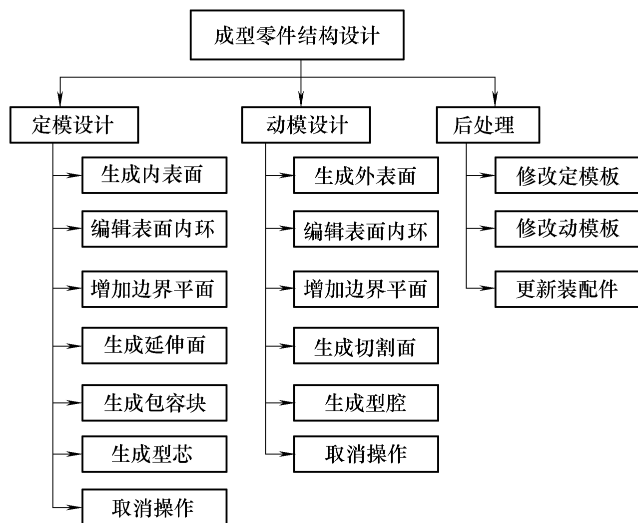


图 11-8　成型零件生成模块功能结构图

4. 推出机构

注塑模推出机构是将冷却固化后成型的注塑产品从模具中取出的功能结构。通常按推出零件的类别对结构进行分类，一般分为推杆推出机构、推管推出机构、推板推出机构和推块推出机构等。

但是，由于注塑产品的几何形状千变万化，为了完成注塑产品的脱模，需设计不同的机构以完成预定的脱模动作。因此，在进行系统设计时，不仅要方便对典型推出机构的设计，同时还要满足对复杂推出机构的设计。

对于一般典型的复杂程度较低的推出机构，其设计流程如图 11-9 所示。

在进行推出机构的设计过程中，对推出距离要进行特别的校核，以保证在推出机构位于最大位置状态时，注塑产品能通过自身的重力从型芯或型腔中自动脱落。

5. 抽芯机构

在注塑模结构方案设计时，已对注塑模抽芯机构进行了方案设计，设计信息存储在抽芯机构的方案设计数据结构中，主要包括注塑模抽芯机构的类型、注塑

产品所需的抽拔距离等。其中，在抽芯零件的结构参数项中，包含相关抽芯机构的结构零件的参数；在斜导柱抽芯机构中，包括斜导柱、滑块和楔紧块等。

抽芯机构大多数都具有典型的设计结构，对于每种典型机构所包含的结构零件种类和数目基本相同，而它们的安装方式和位置也大体相同。因此，在抽芯机构设计模块中，应将整个抽芯机构作为一个整体子装配来看待。根据用户的要求和产品特征，来选择已参数化的相应的抽芯机构，并以关键零件定位方式在模架上进行整体定位和装配，最后根据实际的安装条件进行局部结构零件位置调整和形状修改。在完成最后的抽芯机构结构零件的装配和位置修正后，设计工程师需通过预览功能评价设计结果，在满足产品的生产要求并最后确定设计结果后，系统自动对模架进行更新，同时保存更新后的结果。典型抽芯机构的一般设计流程如图 11-10 所示。

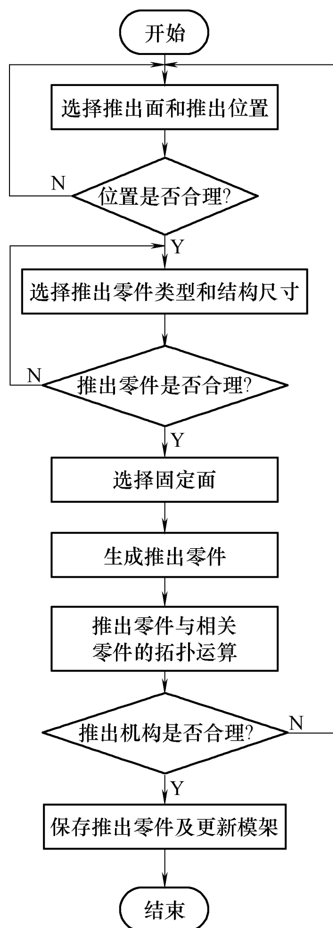


图 11-9 典型推出机构设计流程图

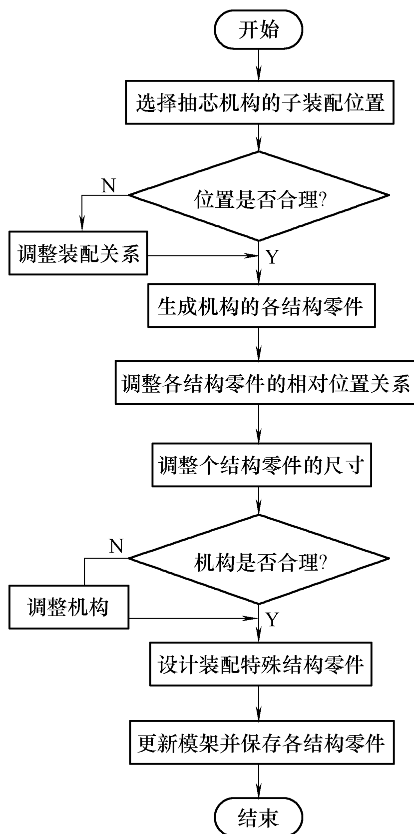


图 11-10 典型抽芯机构设计流程图

6. 模架的选择和设计

注塑模模架是设计、制造注塑模的基本部件，是注塑模 CAD 所有运算的主要依据之一。根据注塑模的工作原理和功能要求，注塑模模架的基本组件包括定模座板、定模板（固定凸凹模）、导柱导套、动模板（固定凸凹模）、支承板（垫板）、推杆固定板、推杆推板、垫块、动模座板等部分。注塑模模架主要是根据浇注形式、分型面数、注塑产品的脱模方式和推板行程、定模和动模的组合方式来确定的。

在注塑模的设计过程中，一般应尽量选用标准模架，以缩短设计和制造周期。影响模架选择和设计的因素很多，且大部分影响因素相互关联。因此，在确定分型面、型腔数及其布局、浇口结构形式、脱模和抽芯方式与结构等后，选定模架的结构类型，并根据注塑产品的结构和尺寸选定模架的尺寸系列和规格；最后按选定的模架和相关数据进行模架的功能性校核，包括简单力学性能的计算和校核、模架动作行程的计算校核等。

按 2006 年颁布的注塑模模架国家标准（GB/T 12555—2006）将模架分成三种结构形式，见图 10-1、图 10-2、表 10-1、表 10-2 及表 10-3。

在进行模架系列尺寸选择的过程中，对于注塑产品的推出距离需进行仔细的计算。产品的推出距离与模架中部分模板的厚度、模架的总厚度、注塑机的模板行程有关。在注塑机选定的情况下，注塑机模板行程不变，可根据分型面和注塑产品的相对位置关系计算出产品推出所需的行程，这样可选出厚度合适的垫块。模架设计流程如图 11-11 所示。

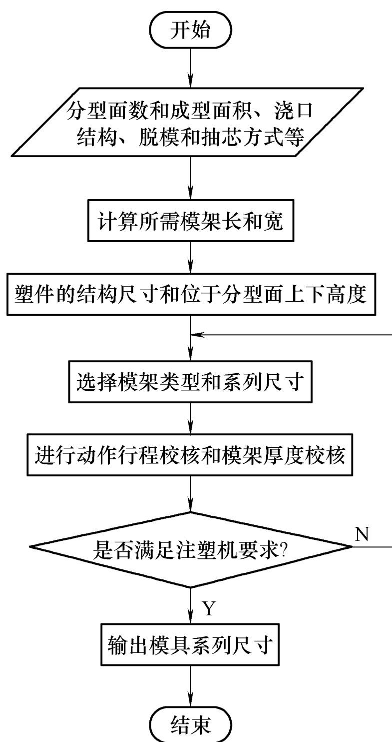


图 11-11　模架选择和设计流程图

7. 注塑模 CAD 详细设计

在注塑模方案设计阶段，主要侧重于概要性的结构选择、重要的结构参数的选择和计算，并把几种可能的模具设计方案记录在数据结构中。而在详细设计中，需在所选择和设计的模架上以注塑产品为出发点，进行结构零件及其详细装配关系的设计，最终确定所有结构零件及其相互装配关系。方案设计的部分数据和生成的模具设计方案树，可以指导用户进行详细的结构设计和装配。

11.4 注塑模人工智能工程系统

11.4.1 概述

人工智能工程系统（Artificial Intelligence Project System，AIPS）是一种全新的工程运作模式，它是把计算机三维技术、数据库技术、互联网技术、现代通信技术和现代制造技术，用系统工程高度集成的智能系统应用于各类可以用三维模型描述的工程运作，包括工程设计、计划、实施、管理和监控，节省了大量的高端人力资源，极大地提高工程的速度和质量水平。由于所有的操作数据均来源于对象，因此可以实现真正意义上的精确管理，这将基本杜绝时间、空间、人力、物力的误差和浪费，直接节省大量的资源成本。

简单来说，在进行某种工程设计和规划时，不再像以前那样，需要大量的高级别工程师的长时间复杂工作。工程设计人员只需要按照系统的提示，把描述对象的数据和设计要求输入到系统界面；系统将通过内置引擎的运算，得到一个描述工程所有细节的数据库；系统将自动解读所有的设计目标，自动在专家模型库提取对应的参数化标准模型（在需要时植入对象三维模型），并将数据库与模型参数对接，直接再生用来执行目标工程的完整三维模型。

由于数据库的全部输出参数都衍生于对象数据和设计指令，因此只要模型再生成功，就已经毫无遗漏地描述了工程的所有细节并即时实现了精确的量化，这个丰富的数据源可以准确地驱动信息、计划、管理、物流、生产和监控，并通过各种移动或固定的终端实现无纸化和自动化，直到工程完结。

大型和复杂工程的进度和质量，往往受制于海量信息的流通和处理；现在，无论是多大的工程信息量，都可以自动地制定、发布、传输、跟踪、收集、统计、处理、选用和实施应急备案。

11.4.2 智能系统的框架和原理

搭建智能系统框架应包括：一个任务数据库，一个三维参数化的专家模型库，一个运算核心引擎（输入/输出数据库），一系列描述专业定义的语言，一套链接系统机构的功能程序，一组供编辑和操作的人机对话界面。在这个基础上，将根据特定专业的不同属性，编写任务数据与模型参数的关系，可以是函数的形式，也可以是逻辑的形式，或者是两者的组合，而且一定是多重的、复式的关系。

要合理设置智能系统应考虑如下 4 个关键点：

关键点之一：为了避免每个关系都需要进行复杂的物理和几何计算（比如材料力学、结构力学或几何与空间关系），系统只保证计算结果处在一个合理的

区间（曲线）或者一个合理的台阶（系列）；在系统以外才对该结果进行全面的物理和几何验证，这个验证可以通过软件和实践来完成。这样，就不存在系统内部的大量搜索和运算，也大大简化了系统内部数学模型的规模和结构。

关键点之二：在三维模型库应存放丰富的系列化、标准化、参数化经验模型（专家模型），模型里的每个参数（包括零件尺寸和组合关系）都衍生于任务数据（这点非常重要）；经过数学模型建立过程不断的交互引用，简单的任务数据（或定义、指令）将触动大量的输出，产生整体的神经网络效应。

关键点之三：在系统建立（包括三维建模）的开始，就将假定的实体群（三维零件和组合）数目定在数千甚至数万个，每个零件或组合都预先分配足够的绝不重叠的既定参数；所有的（可能是数十万甚至数百万个）参数都主动对应于引擎的输出数据库。这样，在建设过程中就可以有非常大的自由度来启用或引用任意一个参数，也可以非常自由地修改甚至删除参数，保证了专家系统建设可以有非常高的效率。

关键点之四：不管目前需要与否，在每一个数学模型中预设了足够的修正因子，可以在不同位置、不同方向和不同程度影响支运算；再将这些因子与外部的信息反馈系统建立关系，系统就可以实现主动修正的功能，并因此不断地提高系统的合理性和准确性。

注塑模智能自动设计系统框架是在本章 11. 2 节、11. 3 节的基础上，把它们按设计步骤有机结合连接在一起，如图 11-12 所示。

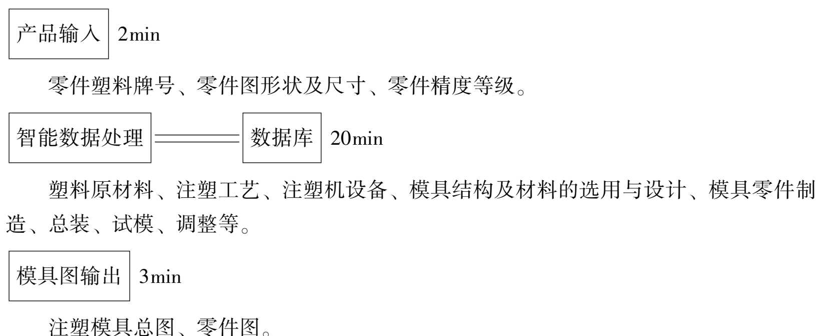


图 11-12　注塑模智能自动设计系统框架图

11. 4. 3　注塑模智能设计系统的应用实例

中国发明协会于 2011 年 9 月在北京清华大学组织召开了一次“注塑模具智能化工程系统”鉴定会。发明人是香港人工智能设计系统研究所总工程师袁华梓先生。具体的技术内容：首先用户提出一个注塑零件图（塑料品种、形状尺寸及精度等级），经人工智能专家系统自动分析、选用、计算、工艺数据处理、

注塑机设备技术参数等过程，最后设计一套符合技术要求的注塑模总图及其零件图，总计时间为25min。

参加鉴定会的全体专家一致认为：该人工智能专家设计系统具有原创性、科学性、高效性、实用性及推广应用价值等。

同时还指出，随着计算机技术的高速发展，模具工程必须实现六化，即数字化、信息化、无图化、高速化、自动化、精细化及两个要求——节能和低碳环保。

本智能设计系统与美国、日本、德国、瑞典等国家的数家大公司合作建立了技术服务平台。

第 12 章　注塑模应用实例

前面介绍了注塑模设计的有关知识。为了使读者在短期内掌握注塑模设计的基本技能，下面笔者根据多年的生产实践经验，列举了各种工业和生活用塑料制件的注塑模具结构实例。

实例 1　活动圈注塑模

零件材料：聚氯乙烯

零件图：见图 12-1a

模具结构图：见图 12-1b

说明：

1）该模具为典型的、带活动镶件的推板脱模机构，采用一模两腔形式。

2）根据塑料制件的形状，型腔由两个成型滑块构成，脱模时随塑料制件一起取出模外，再与塑料制件分离。这种带活动镶件的注塑模具，模具结构简单，动作可靠，但生产效率低，不能实现自动化生产。

3）注塑成型后，推块 17 将成型滑块 14 推出动模板 12，然后在模外用卸模架打开成型滑块，取出塑料制件。

实例 2　密封圈注塑模

零件材料：聚氯乙烯

零件图：见图 12-2a

模具结构图：见图 12-2b

说明：

1）该模具为推板脱模机构，采用一模一腔形式。

2）根据塑料制件的要求，采用隧道式自动剪切浇口，并用脱料圈 18 勒出制件。

3）注塑成型后，定模板 2 首先与动模板 6 分型，然后由注塑机推杆推动推板 11，使推杆 8 推动了脱料圈 18，使塑料制件勒出，并同步由顶柱 12 推出分流道。

实例 3　带轮注塑模

零件材料：聚酰胺 6

零件图：见图 12-3a

模具结构图：见图 12-3b

说明：

1）该模具为斜导柱分型推杆脱膜机构，采用一模一腔形式。

2）注塑成型后，侧滑块 8 完全抽出带轮，推杆 10 将塑料制件推出。

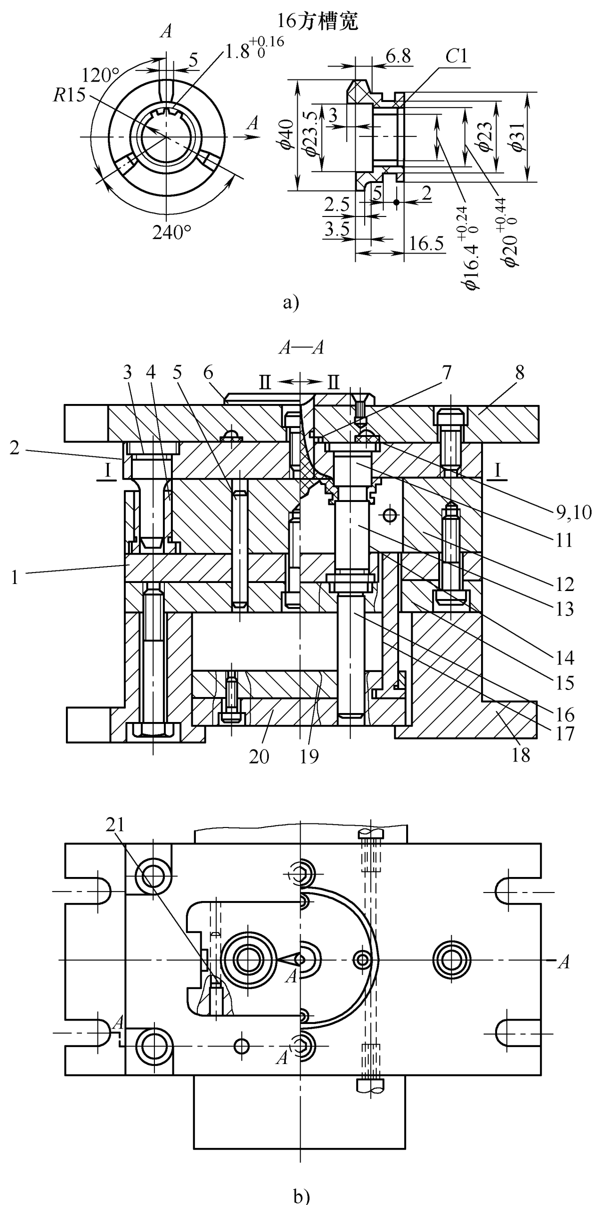


图 12-1　活动圈注塑模

a）零件　b）模具结构

1—型芯固定板　2—定模板　3—带肩导柱　4—带头导套　5—圆柱销　6—定位圈
7—浇口套　8—定模座板　9—密封环　10—水管接头　11—上型芯　12—动模板
13—下型芯　14—成型滑块　15—支承板　16—推板导柱　17—推块
18—动模座板　19—推杆固定板　20—推板　21—导销

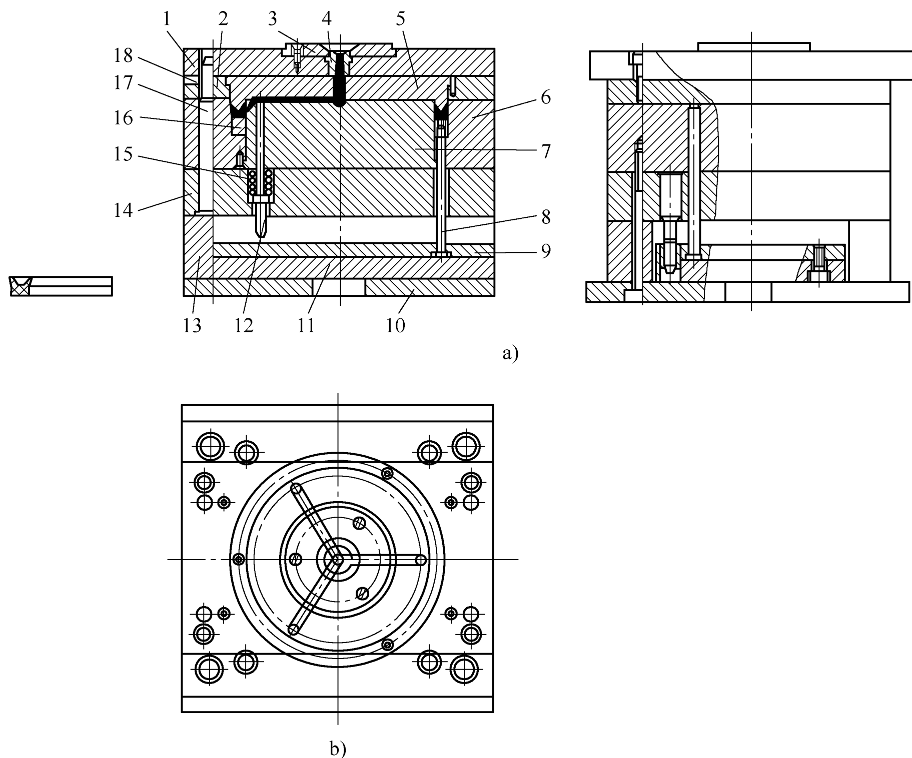


图 12-2　密封圈注塑模

a）零件　b）模具结构

1—定模座板　2—定模板　3—定位圈　4—浇口套　5—浇口板　6—动模板　7—型芯　8—推杆　9—推固定板　10—动模座板　11—推板　12—顶柱　13—支承块　14—垫板　15—弹簧　16—导柱　17—导套　18—脱料圈

实例 4　滚轮注塑模

零件材料：ABS

零件图：见图 12-4a

模具结构图：见图 12-4b

说明：

1）该模具为推杆脱模机构，采用一模十二腔形式，并采用潜伏式浇口进料，在推出时被切断可自行脱落，省去了清除浇口工序，因此，很适合大批量生产。

2）注塑成型后，在推板 11、推杆固定板 13 和推杆 14、16 的作用下，将制件推出。

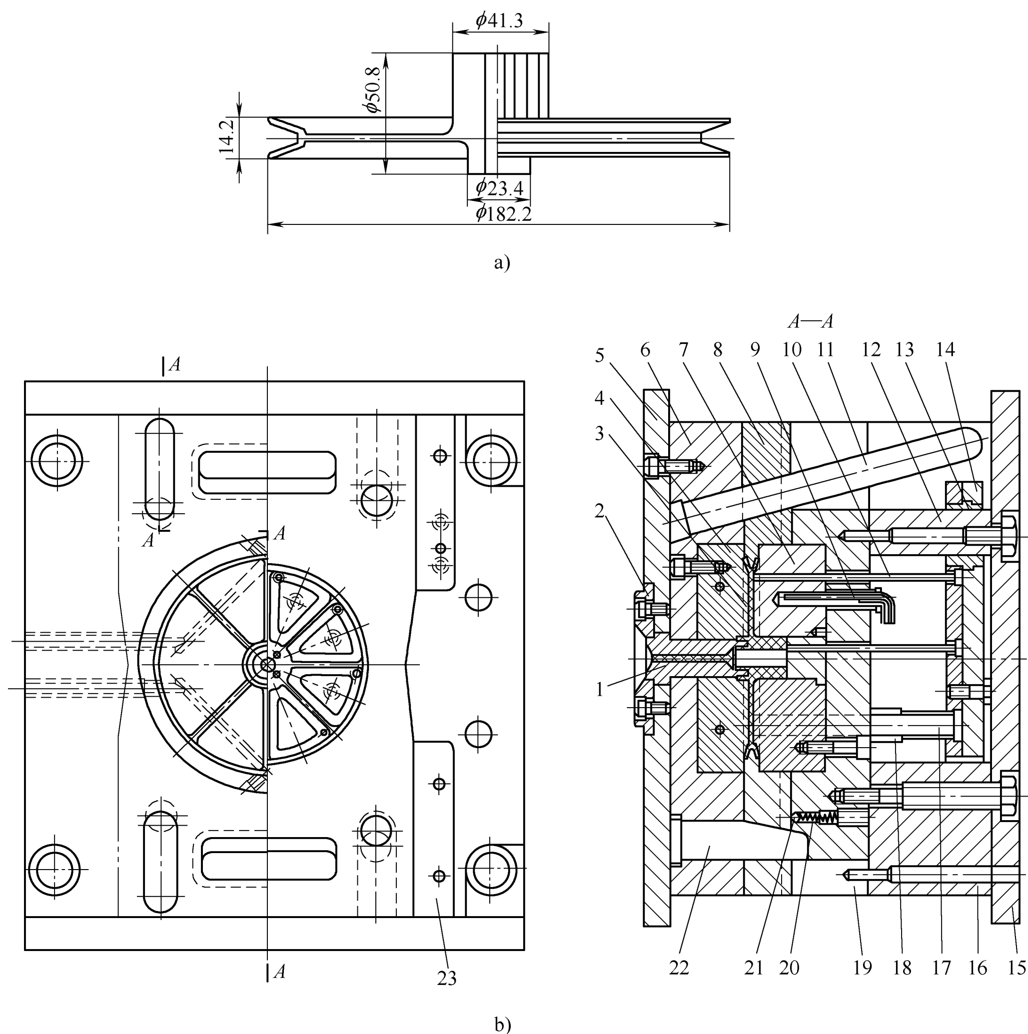


图 12-3 带轮注塑模

a）零件 b）模具结构

1—浇口套 2—定位圈 3—动模镶件 4—定模镶件 5—定模固定板 6—定模板 7—动模镶件 8—侧滑块 9—喷流水嘴 10—推杆 11—斜导柱 12—推板导柱 13—推板导套 14—推板 15—动模固定板 16—垫块 17—复位杆 18—定距件 19—动模板 20—弹簧 21—钢球 22—斜楔 23—斜楔块挡板

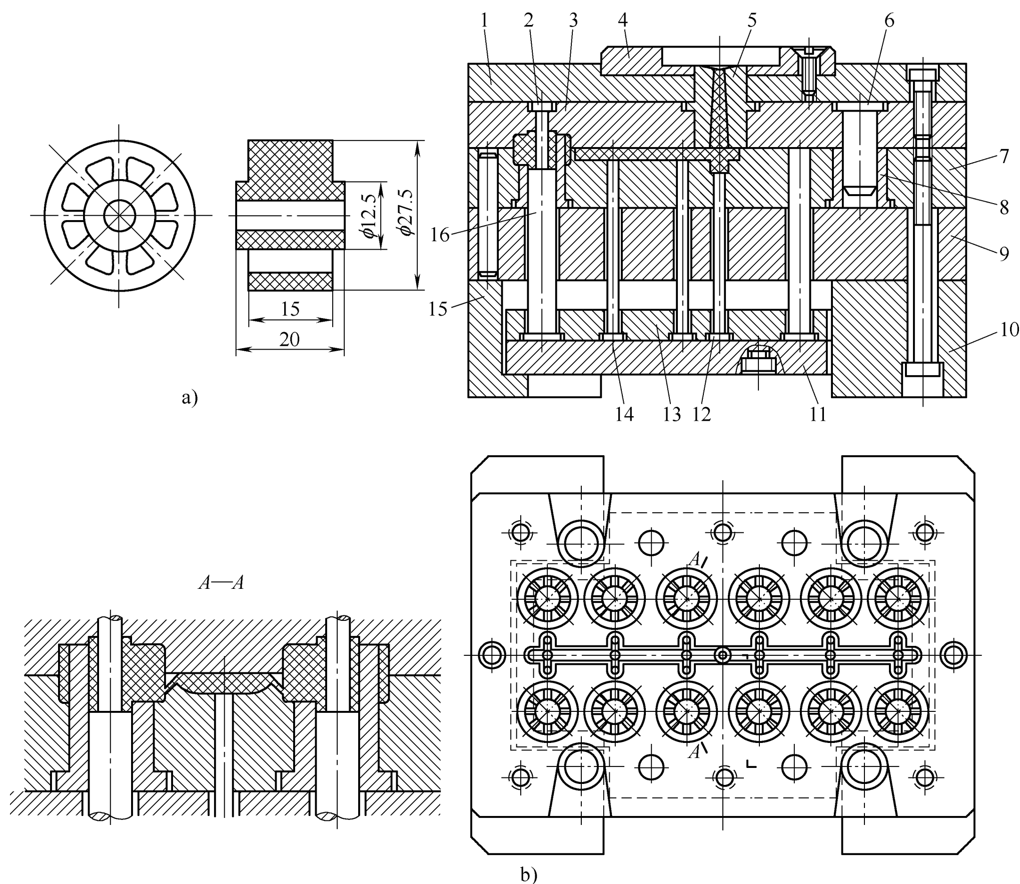


图 12-4　滚轮注塑模

a）零件　b）模具结构

1—定模座板　2—型芯　3—定模板　4—定位圈　5—浇口套　6—导柱　7—动模　8—导套　9—垫板　10—动模座板　11—推板　12—拉料杆　13—推杆固定板　14、16—推杆　15—支承块

实例 5　导纸轮注塑模

零件材料：聚碳酸酯

零件图：见图 12-5a

模具结构图：见图 12-5b

说明：

1）该模具为典型的双脱模机构注塑模具。塑料制件呈细长圆管形，在其外圆分布有六个直径较大且壁较薄的凸缘。为便于制件成型，尽量缩短塑料在注射过程中的流程，因此设置了点浇口。

为避免在注射过程中细长型芯 6 产生变形，在制件允许存在工艺孔的条件下

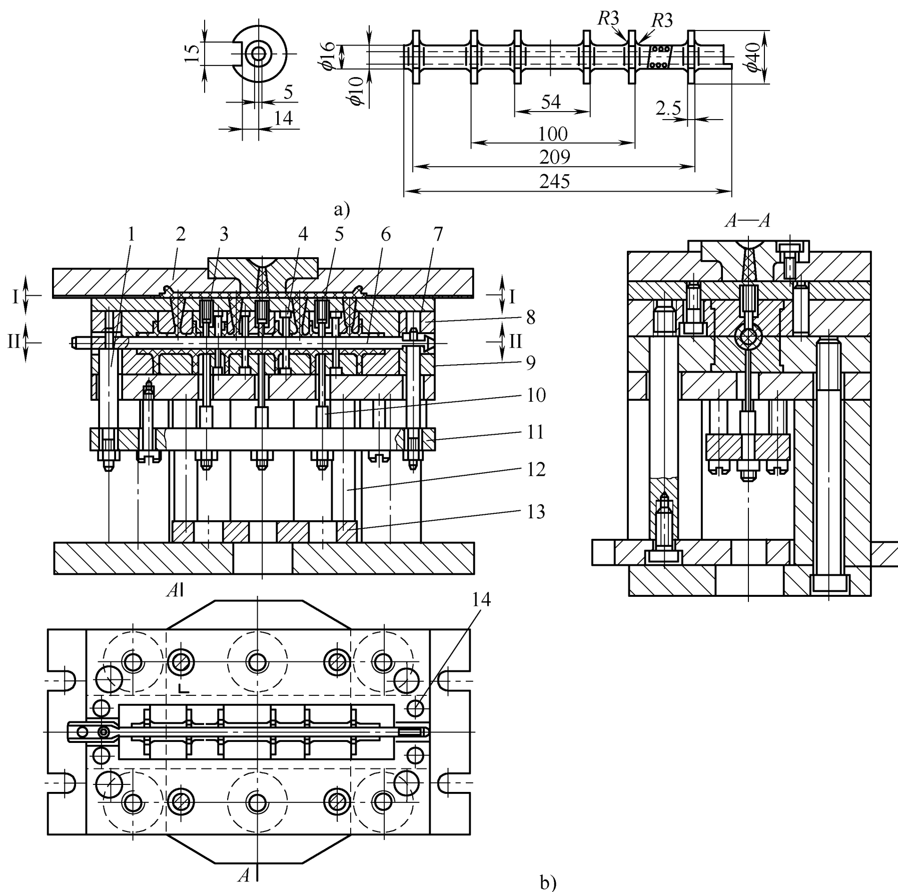


图 12-5 导纸轮注塑模

a）零件 b）模具结构

1—定位杆 2—定模座板 3—弹簧 4—支承杆 5—推杆 6—型芯 7—定位杆 8—定模板 9—动模板 10、12—推杆 11—推杆板 13—推板 14—复位杆

设置了支承杆 4，用以提高型芯 6 的刚性。为了保证在开模过程中使制件留在动模一侧，在定模一侧设置了推杆 5。

2）开模时，首先从Ⅰ—Ⅰ分型面分型，两端的点浇口被拉断，而在中间的两个点浇口牵制下将主流道和分流道从浇口套和定模座板 2 中带出。随后在推出过程中，由推板 13、推杆 12 推动定模板 8 沿Ⅱ—Ⅱ分型面分型。与此同时，弹簧 3 推动推杆 5 使制件与型芯 6 留在动模板 9 上。当推板 13 接触推杆板 11 后继续推出时，由推杆 10 将制件及型芯 6 同时推出，然后在专用抽芯夹具上将型芯 6 从制件中抽出。

3）为保证生产的连续性，型芯 6 应有备件，以供循环使用。

实例 6　传动轮注塑模

零件材料：聚甲醛

零件图：见图 12-6a

模具结构图：见图 12-6b

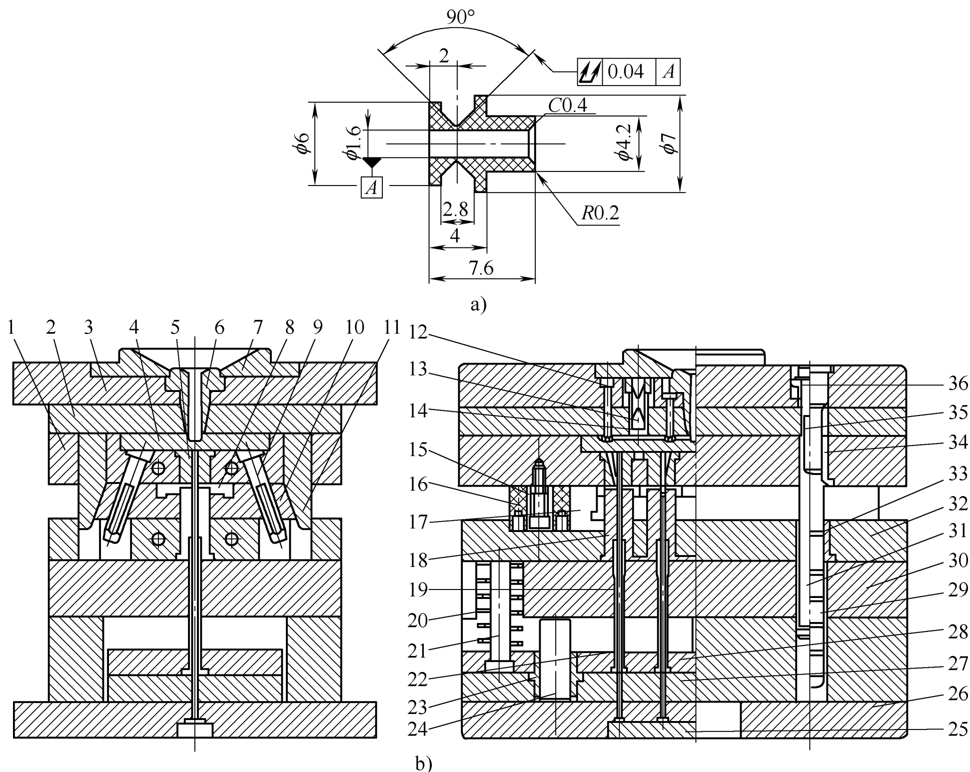


图 12-6　传动轮注塑模

a）零件　b）模具结构

1—定模板　2—脱浇板　3—定模座板　4—垫板　5—定模型腔套　6—浇口套　7—定位圈　8—组列成型镶块　9—斜导柱　10—滑块　11—斜楔　12—Z 形拉料杆　13—弹簧　14—浇道弹顶脱料柱　15—定距拉料套　16—聚氨酯套　17—侧压导板　18—动模型腔套　19—推管　20—矩形截面弹簧　21—复位杆　22—型芯　23、33、34—导套　24—柱销　25—小垫板　26—动模座板　27—推杆垫板　28—推管固定板　29—导柱　30—动模垫板　31—定距拉杆　32—动模板　35—内六角螺钉　36—开模定距套

说明：

1）该模具为斜导柱分型推管脱模机构，采用一模四腔形式。

2）塑件的上、下部分设计成镶套的形式固定在定模板 1、动模板 32 上，中间部分的带槽成型采用滑块分型的结构，中间轴孔的成型型芯 22 固定在动模座

板部分。

3）为减小磨损，在脱浇板 2、定模板 1、动模板 32 上均使用了导套。在大滑块的 4 个独立的小型腔块可分别调整、更换，互不干涉。

实例 7 导风轮注塑模

零件材料：ABS

零件图：见图 12-7a

模具结构图：见图 12-7b

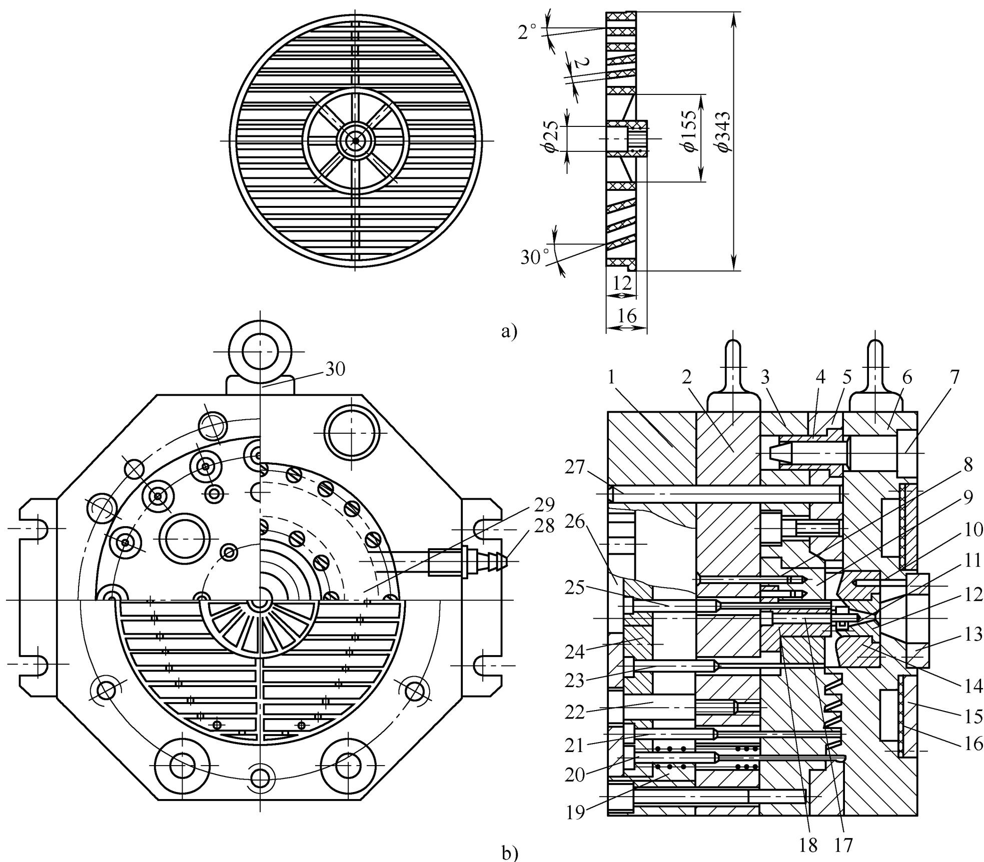


图 12-7 导风轮注塑模

a）零件 b）模具结构

1—动模座板 2—动模垫板 3—动模板 4—导套 5—型腔板 6—定模板 7—导柱 8、27—圆柱销 9、12、14、18—型芯 10—铜嵌件 11—小型销 13—定位圈 15—冷却水盖板 16—密封圈 17—型销 19—弹簧 20、23、25—推杆 21—复位杆 22—支承柱 24—推杆固定板 26—推板 28—水嘴 29—隔水块 30—吊环

说明：

1）该模具为二板式推杆脱模机构。由于制件尺寸较大，20 片导风叶从 2°到 30°逐级变化，使这套二板式结构的模具造型复杂。

2）该模外形设计呈八角形，一则减轻重量，更主要的是便于安装在 SJ-350 型注塑机上，刚好避开了四根推杆。每根叶片上设置 2 根推杆，一方面可推出塑料制件，另一方面是在流料的交汇处排气，确保制件能充实饱满。

实例 8　圆柱齿轮注塑模

零件材料：ABS

零件图：见图 12-8a

模具结构图：见图 12-8b

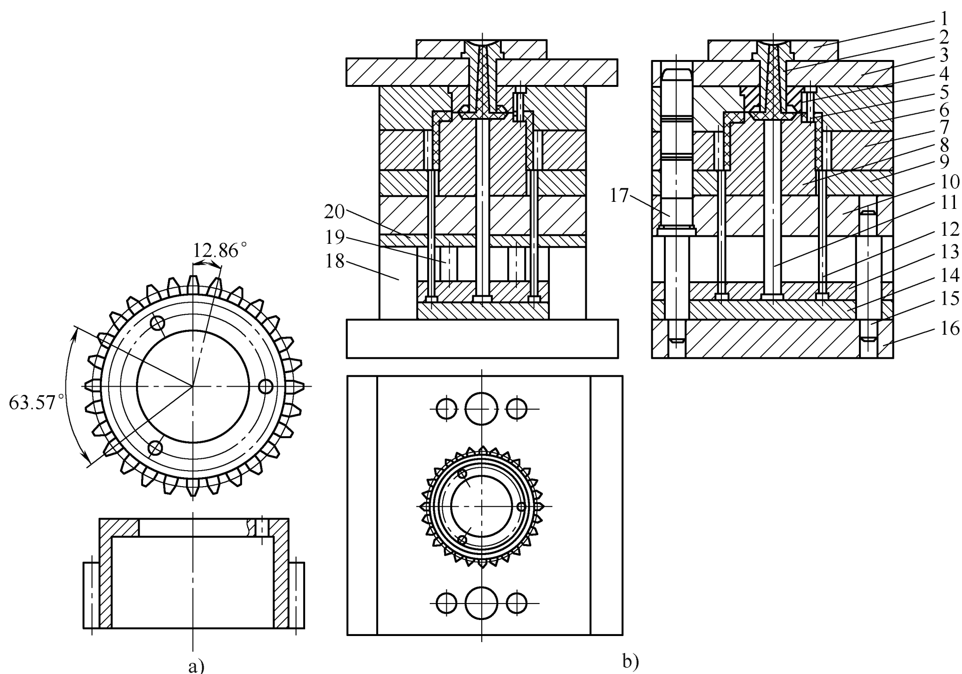


图 12-8　圆柱齿轮注塑模

a）零件　b）模具结构

1—定位圈　2—浇口套　3—定模座板　4—定模型芯　5—圆型芯　6—定模型腔　7—动模型腔　8—动模型芯　9—动模固定板　10—动模上垫板　11—拉料杆　12—推杆　13—推杆固定板　14—推板　15—小导柱　16—动模座板　17—导柱　18—支承块　19—复位杆　20—动模下垫板

说明：

1）该模具为推板分型脱模机构。根据简化过的注塑件的结构特点，其分型面选在注塑件外形面的齿轮齿形端面。

2）浇口开在定模型芯 4 内，冷却循环水道开设在动模型腔 7 上。

3）注塑成型后，注塑机推杆推动推板 14、推杆固定板 13 及推杆 12 将制件推出。

4）合模时，通过复位杆 19 进行复位。

实例 9　锥齿轮注塑模

零件材料：聚碳酸酯

零件图：见图 12-9a

模具结构图：见图 12-9b

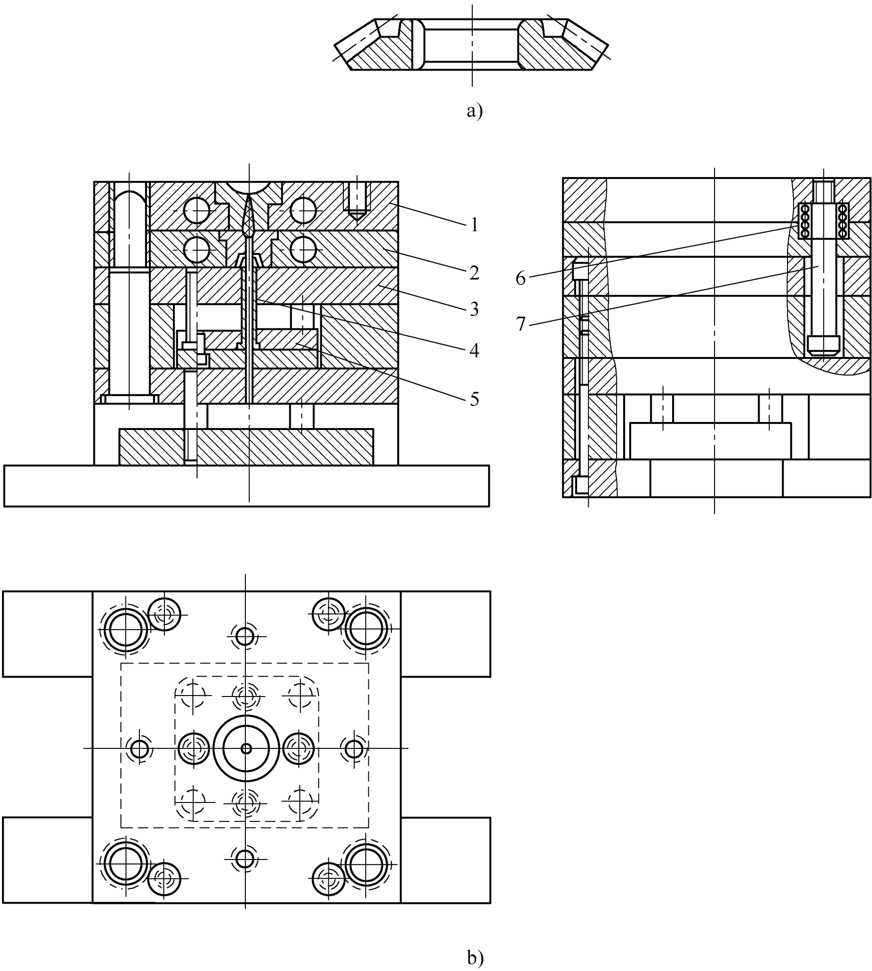


图 12-9　锥齿轮注塑模

a）零件　b）模具结构

1—浇口板　2—定模板　3—动模板　4—推管　5—推杆固定板　6—弹簧　7—限位拉杆

说明：

1）该模具为推管脱模机构，采用点浇口形式。

2）塑料成型后，在弹簧 6 的作用下，受到限位拉杆 7 的限位，浇口板 1 首先与定模板 2 分离，取出点浇口，然后动模板 3 与定模板 2 分型，随着推管 4 的行进将制件推出。

实例 10　螺旋齿轮注塑模

零件材料：聚碳酸酯

零件图：见图 12-10a

模具结构图：见图 12-10b

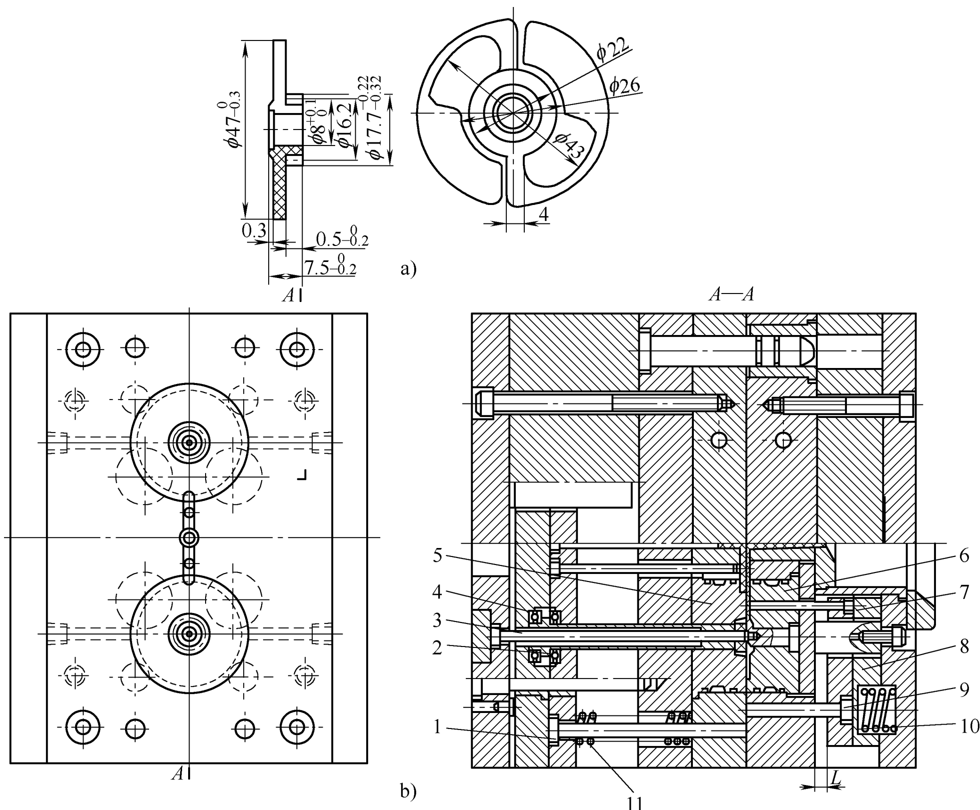


图 12-10　螺旋齿轮注塑模

a）零件　b）模具结构

1、9—复位杆　2—推管　3—型芯　4—推力轴承　5—动模镶件　6—定模镶件　7—推杆　8—推板　10、11—弹簧

说明：

1）该模具为典型的螺旋推出机构，采用一模两腔形式。

2）塑料制件为左旋斜齿轮，其螺旋角为7°，与之相连的ϕ47mm凸缘，其连接处的宽度只有4mm，而且凸缘的最薄处也只有2mm，制件在此处极易产生变形和损坏。为便于斜齿轮的推出，将齿轮主体部分和凸缘分别在动模板内和定模板内成型，同时，为防止在开模时损坏塑料制件的凸缘和使制件留于动模一侧，设置了定模推出机构。

3）注塑成型后，在弹簧10的作用下，推杆7推动制件的凸缘处，使其脱离定模镶件6而留于动模一侧。推出时，因为推管2的尾部装有推力轴承4，所以推管2沿齿轮的螺旋方向作螺旋脱出，将制件从动模镶件5中推出。

4）合模时，推杆7和推管2分别借助复位杆1、9完成复位。

实例11　棘轮轮片注塑模

零件材料：聚酰胺

零件图：见图12-11a

模具结构图：见图12-11b

说明：

1）该模具为二板式分型推管脱模机构，采用4点爪式浇口进料方式，选用一模一腔形式。

2）成型塑件外缘及外形部分的动模型腔设计分解为两个动模型腔镶套2、3组成后镶入动模板4内的结构形式，动模型腔镶套2设计成能在动模型腔镶套3内上、下移动的结构形式。

3）制件的脱模采用了动模型腔镶套2和推管19先后推出塑件的二次推出机构形式。

4）注塑成型后，注塑机的推出机构推动推杆固定板14时，由于摆钩30钩住推杆固定板13，故件13与件14同时推动，通过推杆16、推管19和推杆6、动模型腔镶套2将塑件推出动模板4，此时塑件仍套在动模型芯18上，留在动模部分。在模具完全打开的过程中，摆钩在楔块35的作用下，脱开固定在支承板上的柱销31，推杆固定板14停止移动，塑件最后由推管19推出模具。整个推出机构的复位由复位杆20、复位杆26完成。

实例12　线圈骨架注塑模

零件材料：聚酰胺1010

零件图：见图12-12a

模具结构图：见图12-12b

说明：

1）该模具为弯销分型脱模机构，采用主流道轴线、一模八腔对称布局，占

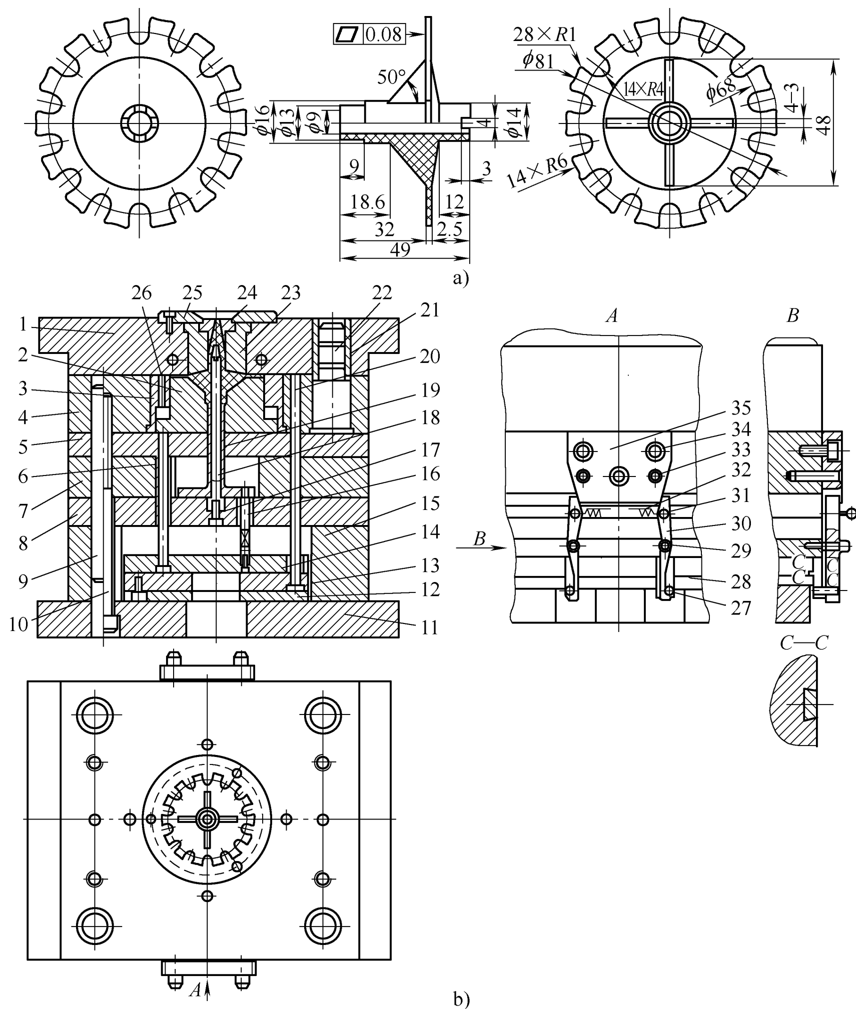


图 12-11　棘轮轮片注塑模

a）零件　b）模具结构

1—定模座板　2、3—动模型腔镶套　4—动模板　5—动模垫板　6、16—推杆　7—围框　8—垫板　9、34—圆柱销　10、17、33—内六角螺钉　11—动模座板　12—推杆垫板　13—推杆固定板Ⅰ　14—推杆固定板Ⅱ　15—垫块　18—动模型芯　19—推管　20—复位杆Ⅰ　21—导套　22—导柱　23—定模型腔套　24—浇口套　25—定位圈　26—复位杆Ⅱ　27—挡销　28—支承板　29—螺钉　30—摆钩　31—柱销　32—弹簧　35—楔块

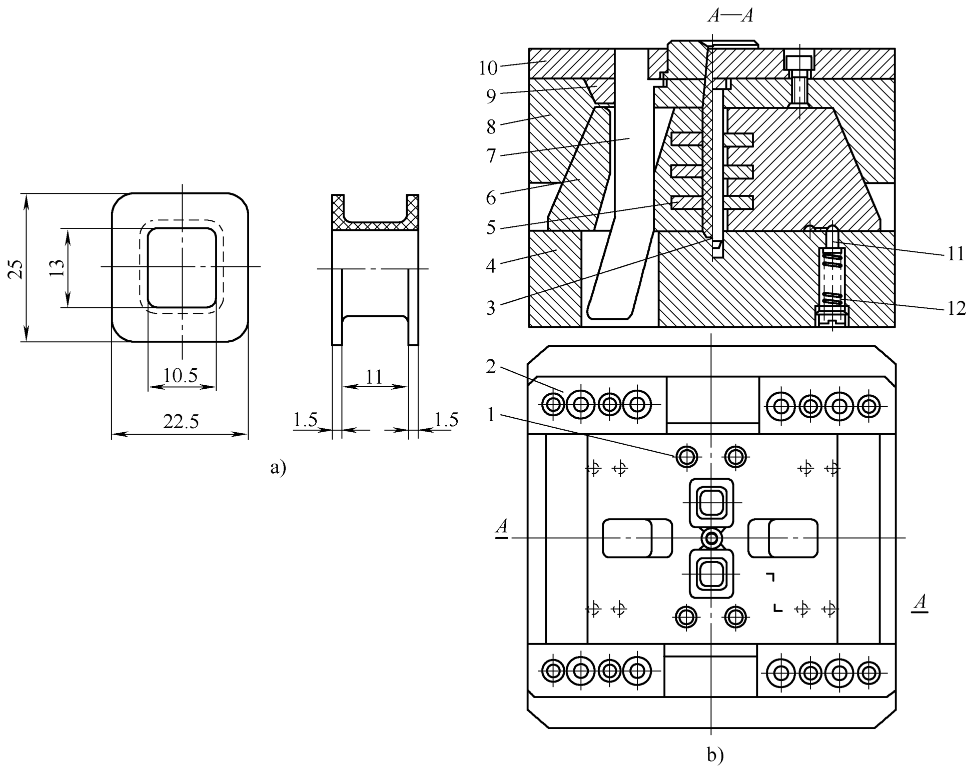


图 12-12　线圈骨架注塑模

a）零件　b）模具结构

1—圆柱销　2—压板　3—型芯　4—动模座板　5—镶件　6—滑块　7—弯销
8—定模板　9—锁紧块　10—定模座板　11—定位销　12—弹簧

据空间小，从而使结构较为紧凑。

2）此模具采用镶块方式组成，由圆柱销 1 贯穿滑块 6 和镶件 5，便于加工和装配。

3）弯销 7 由锁紧块 9 楔紧，牢固且简便可靠。

4）动、定模之间无导柱、导套定位，而由型芯 3 承担了其功能，较为新颖。

实例 13　绕线轴注塑模

零件材料：ABS

零件图：见图 12-13a

模具结构图：见图 12-13b

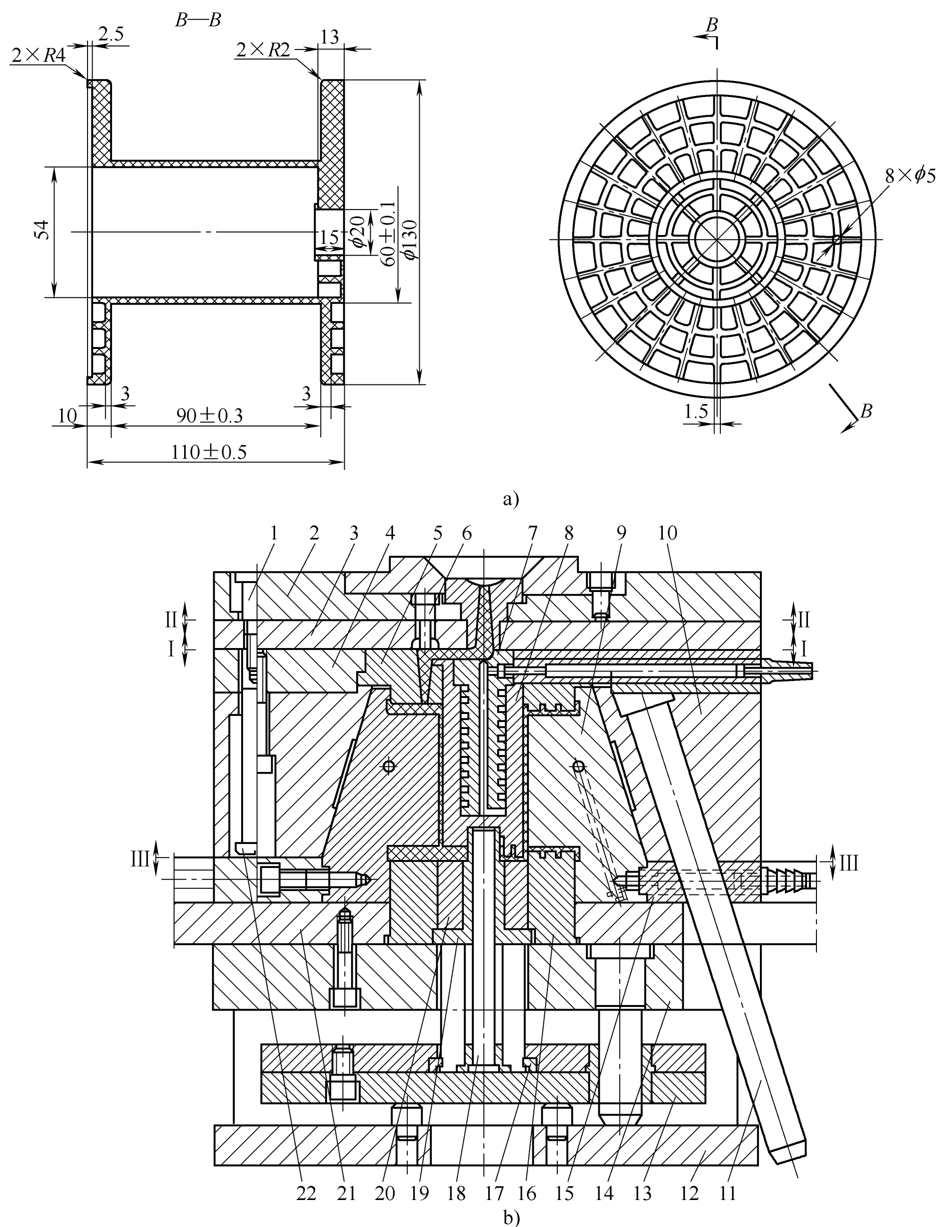


图 12-13　绕线轴注塑模

a）零件　b）模具结构

1—限位螺钉　2—定模座板　3—托板　4—定模板　5—定模镶块　6—拉料杆　7—水套　8、16、19—型芯　9—滑块　10—模套　11—斜导柱　12—动模座板　13—推板　14—支承板　15—连接杆　17—卡环　18—复位杆　20—推管　21—动模板　22—拉杆

说明：

1）该模具为斜导柱分型抽芯机构，用锥形模套对滑块锁紧，牢固可靠，并使动、定模板之间具有较高的同轴度，连接杆 15 与滑块 9 用螺钉连接，加工简便；利用制件的加强肋允许有较大的脱模斜度，而采用推管顶出，简化了结构；冷却系统布局较适宜，加之可以自动脱浇口，因而可以实现全自动连续生产。此外，还巧妙地利用内部空间设置了一根复位杆，解决了外部不便设置复位杆的矛盾。

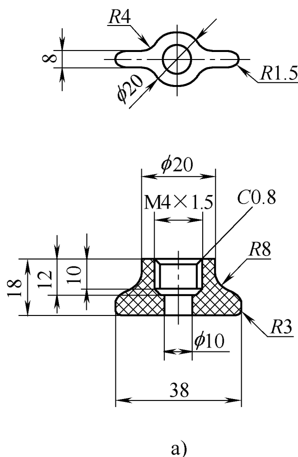
2）注塑成型后，由于成型时的胀型力使滑块 9 与模套 10 之间具有较大的摩擦力，因此Ⅰ—Ⅰ面首先分型，点浇口被拉料杆 6 带出定模镶块 5。当拉杆 22 对模套 10 限位后，模具沿Ⅱ—Ⅱ面分型，托板 3 托住浇道凝料使其脱离浇口套和拉料杆 6 并自动落下；当限位螺钉 1 起限位作用后，Ⅲ—Ⅲ面进行分型，在此过程中斜导柱 11 拨动连接杆 15，从而使滑块 9 完成抽芯。随后推管 20 将制件推出。

实例 14　蝶形螺母注塑模

零件材料：聚甲醛

零件图：见图 12-14a

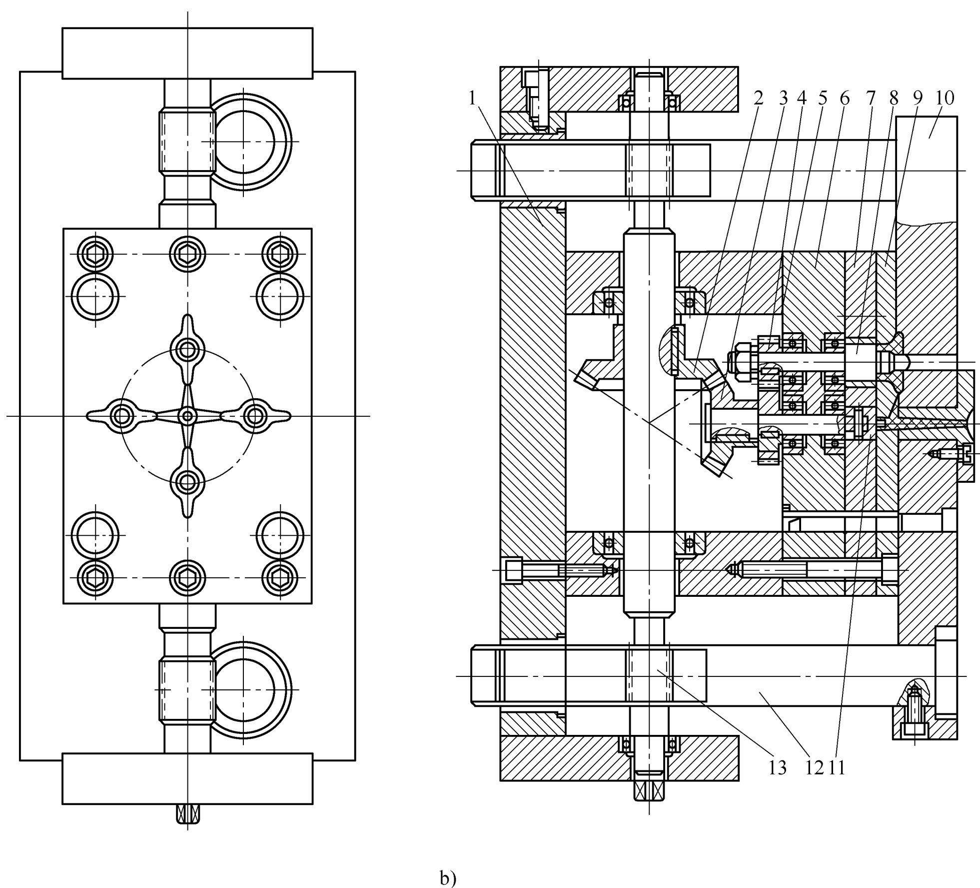
模具结构图：见图 12-14b



a)

图 12-14　蝶形螺母注塑模

a）零件



b)

图 12-14　蝶形螺母注塑模（续）

b）模具结构

1—动模底板　2、3—伞齿轮　4、5、13—齿轮　6—动模板　7—垫板

8—螺纹型芯　9—动模　10—定模板　11—拉料螺杆　12—齿条

说明：

1）该模具为采用齿条齿轮的模内脱模机构。模具安装于注塑机上，一对齿条 12 的位置已超出注塑机台面，因此，不影响闭模。同时在开模状态时，齿条 12 不脱离齿轮 13。

2）注塑成型后，齿条 12 带动齿轮 13 转动，与齿轮 13 共轴的伞齿轮 2 同时转动，伞齿轮 2 又带动伞齿轮 3 转动，从而使拉料螺杆 11 转动脱出浇口。与此同时，齿轮 5 带动齿轮 4 转动，从而使螺纹型芯 8 转动推出塑料制件。

3）应当注意，拉料螺杆 11 与螺纹型芯 8 的螺旋方向相反。此模具在齿条损坏无法工作时，可用手动来完成脱螺纹。

实例 15　开关注塑模

零件材料：ABS

零件图：见图 12-15a

模具结构图：见图 12-15b

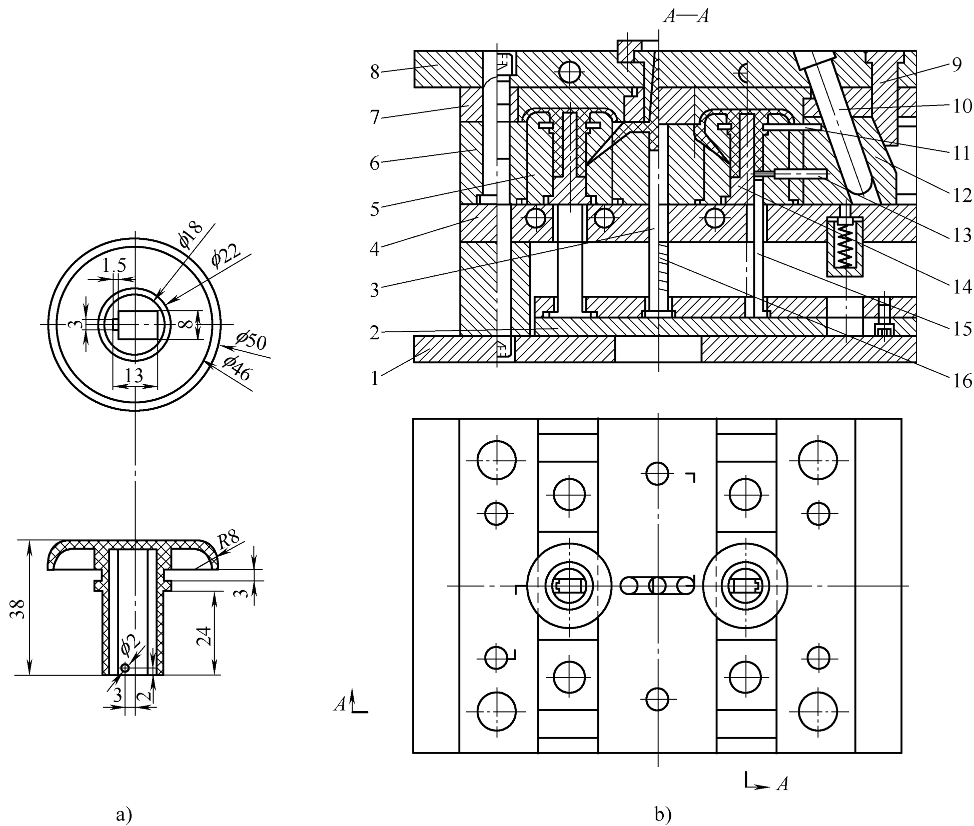


图 12-15　开关注塑模

a）零件　b）模具结构

1—动模座板　2—推板　3—拉料杆　4—支承板　5—大型芯　6—动模板　7—定模板　8—定模座板　9—锁紧块　10—斜导柱　11—哈夫块　12—滑块　13—成型杆　14—小型芯　15—异形推杆　16—弹簧

说明：

1）该模具为斜导柱分型芯推杆脱模机构，采用一模二腔形式。

2）模具采用潜伏式浇口，但由于制件上有环形侧凹，需用哈夫块成型。

3）注塑成型后，滑块 12 在斜导柱 10 的作用下实现环形侧凹和 ϕ2mm 小孔的侧向抽芯，然后在异形堆杆 15 和拉料杆 3 的作用下实现制件和浇注系统的推出；合模时，推出机构在弹簧 16 的作用下先行复位，然后，滑块 12 在斜导柱 10 的作用下带动哈夫块 11 和成型杆 13 复位。

实例 16　板凳注塑模

零件材料：聚碳酸酯

零件图：见图 12-16a

模具结构图：见图 12-16b

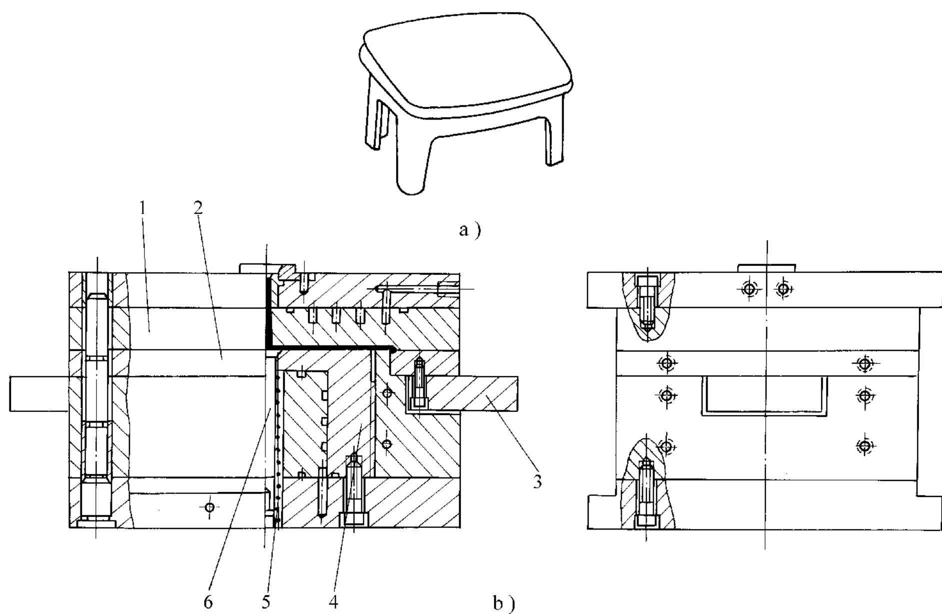


图 12-16　板凳注塑模

a）零件　b）模具结构

1—定模板　2—推件板　3—接块　4—型芯　5—弹簧　6—推杆

说明：

1）鉴于塑料制件的形状特点，设计时采用两次推动动作，推件板加推杆来

达到塑料制件的脱模目的。

2）注塑成型后，首先定模板 1 与推件板 2 分型，然后采用注塑机的顶杆和液压缸分别推动接块 3、推件板 2 和推杆 6 勒出塑料制件，当推件板停止运动后，推杆继续推动，使塑料制件全部离开型芯 4 及推出模外。

3）弹簧 5 装置可使推杆迅速复位。模具冷却采用冷却水道和模板曲字型通水办法，效率较高。

实例 17　肥皂盒注塑模

零件材料：聚氯乙烯

零件图：见图 12-17a

模具结构图：见图 12-17b

说明：

1）该模具采用摆钩式二次推出机构，推出系统中的摆钩装置对称分布在模具的两侧。

2）开模后，推出系统在注塑机顶杆的作用下，推板 12 和推杆固定板 11 在摆钩 18 和销子 20 连接状态下同时向上移动。当此同时，推杆 14 即推动推件板 15 使塑件离开型芯 3 一定距离，完成第一次推出。推板 12 和推杆固定板 11 继续向上移动，撑板 17 使摆钩 18 左右分开，离开销子 20，推板 12 不再移动。此时推出系统的推杆 10 再移动一定距离，将塑件推出，完成二次推出。

3）浇口尺寸的宽度为 4mm，深 0. 22mm。

4）导向系统和推出系统的孔，要同时钻铰，以保证同轴度。

实例 18　矩形盒注塑模

零件材料：聚碳酸酯

零件图：见图 12-18a

模具结构图：见图 12-18b

说明：

1）塑件材料聚碳酸酯（PC）流动性差，因此在设计浇注系统时，应以减少热量和压力损失为主要目的，尽量缩短主流道的长度，增加其断面尺寸，并把分流道设计成圆形，使热量损失较小。另一方面，因为 PC 塑料韧性好，适宜流道的强行脱出。

2）该模具采用潜伏式浇口的全自动注塑模具结构。为了便于加工制造，分型面选择在产品顶部，目的是增加塑件外观美，成型表面能镀铬抛光，表面粗糙度 Ra 达到 0. 2 ~0. 1μm。为了提高塑料制件的透明度，克服塑件表面产生气束、云雾、熔接痕等缺陷，应在流程的末端开设排气槽，并在相邻两型腔之间设有储气室。

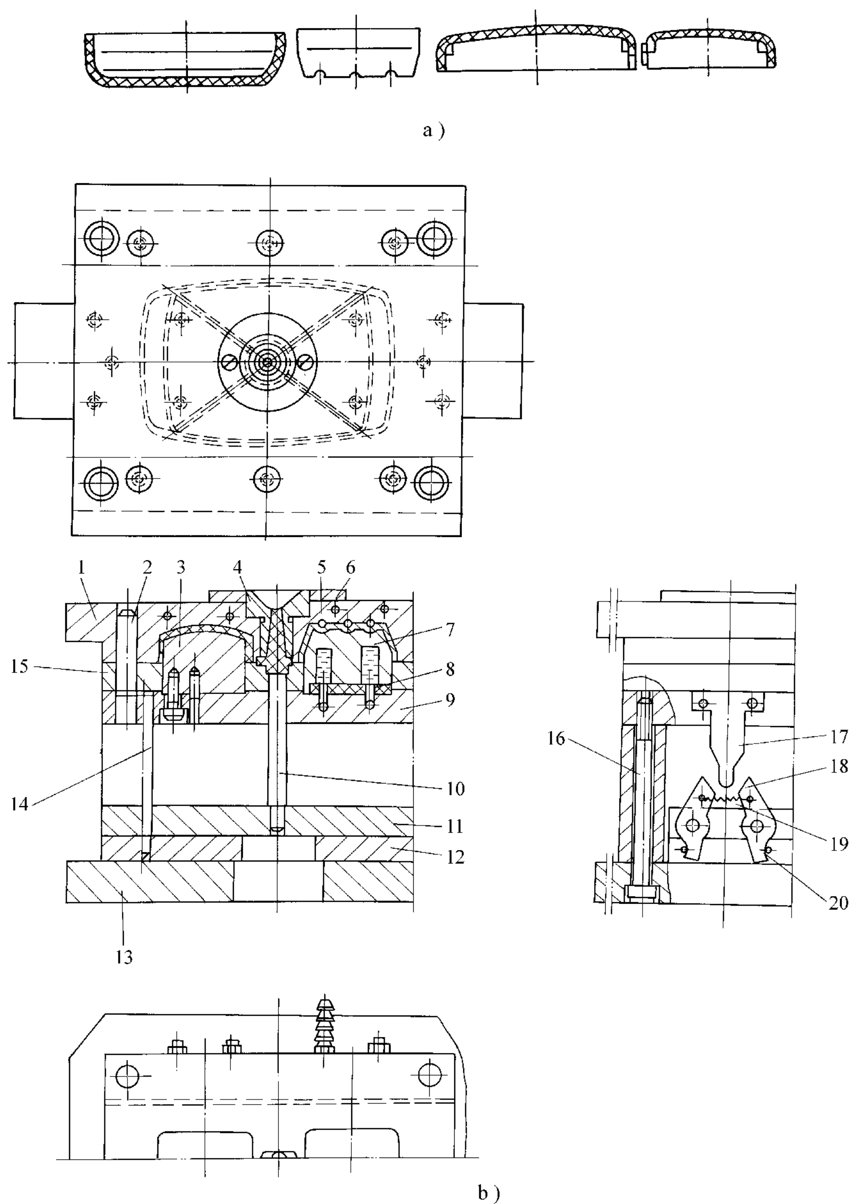


图 12-17　肥皂盒注塑模

a）零件　b）模具结构

1—定模座板　2—导柱　3、7—型芯　4—浇口套　5—镶件　6—定位圈　8—密封环　9—垫板　10、14—推杆　11—推杆固定板　12—推板　13—动模座板　15—推件板　16—支承块　17—撑板　18—摆钩　19—弹簧　20—销子

3）注塑成型后，动模首先沿分型面 A—A 与定模分开，同时靠凹模 2 的浇口剪切作用，使塑料制件和分流道断开。然后注塑机顶杆推动推杆 18，又通过推杆 15 的作用，使推件板 7 向上运动，沿 B—B 面完成第二次分型动作，使塑料制件从凸模 6 上脱离。此时，由于限位钉 19 的作用，推杆 14 和推件板 7 停止运动，推杆 18 继续推出，实现了全自动操作及自动切断浇口。

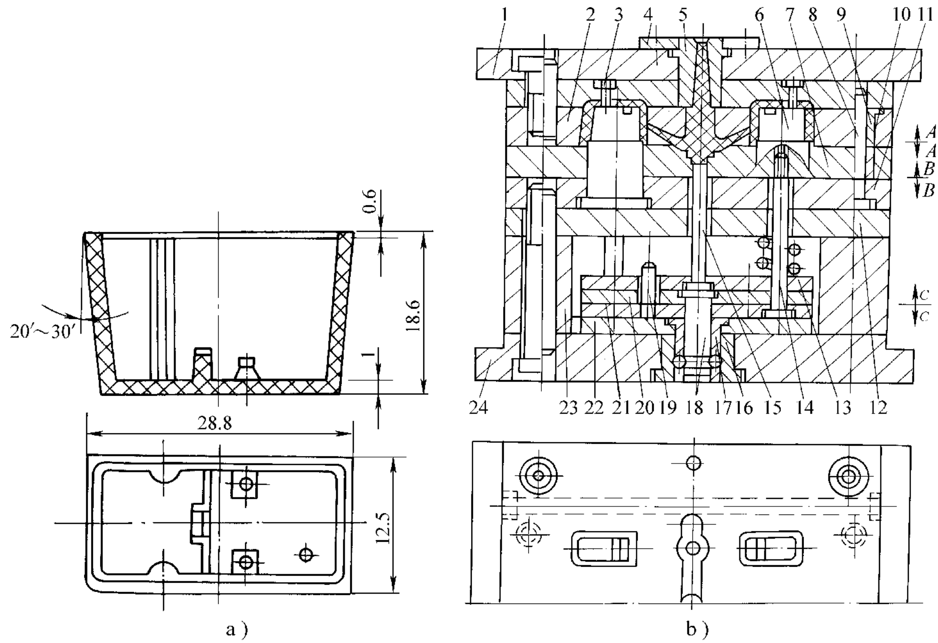


图 12-18　矩形盒注塑模

a）零件　b）模具结构

1—定模座板　2—凹模　3—型芯　4—定位圈　5—浇口套　6—凸模　7—推件板　8—导柱　9、10—导套　11—凸模固定板　12—垫板　13、21—推杆固定板　14、15、18—推杆　16、17—衬套　19—限位钉　20、22—推板　23—支承块　24—动模座板

实例 19　仪表座注塑模

零件材料：ABS

零件图：见图 12-19a

模具结构图：见图 12-19b

说明：

1）该模具为弯销分型抽芯脱模结构，并采用双点浇口进料，带侧螺纹成型芯。

2）凹模 1 离开定模座板 3 的距离由螺母 16 和限位螺钉 15 来控制。弹簧 8

在闭模后受到压缩，其高度不得超过弹簧自由高度的 1/3 左右。支架 7 用螺钉 4 紧固于凹模 1 上，镶件 17 用螺钉固定在动模座板 13 上。闭模前，首先将侧螺纹成型芯 18 放置在镶件 17 上。

3）注塑成型后，动模向下移动时，首先凹模 1 与定模座板 3 分开，同时，固定在定模板上的弯销 5，将侧成型芯 6 抽离塑料制件。再移动分型面打开，凸模 12 将塑料制件从凹模 1 带出；与此同时，推件板 9 在推出系统的作用下将塑料制件推出凸模 12。最后用手取下塑料制件，再通过专用工具分别将侧螺纹成型芯 18 和内螺纹成型芯 11 拧下。

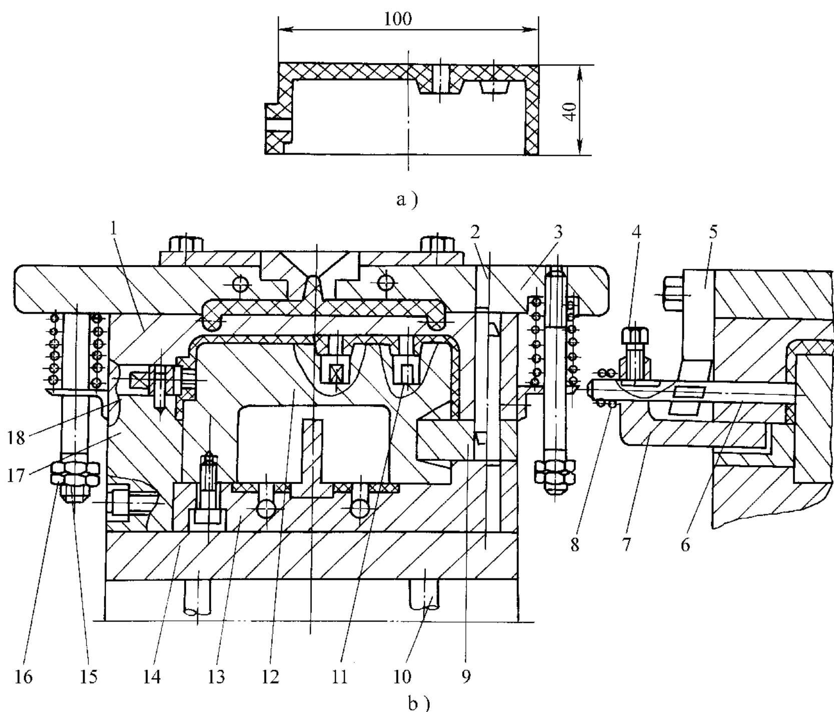


图 12-19 仪表座注塑模

a）零件 b）模具结构

1—凹槽 2—导柱 3—定模座板 4—螺钉 5—弯销 6—侧成型芯 7—支架
8—弹簧 9—推件板 10—推杆 11—螺纹成型芯 12—凸模 13—动模座板
14—垫板 15—限位螺钉 16—螺母 17—镶件 18—侧螺纹成型芯

实例 20 游标卡尺盒注塑模

零件材料：聚丙烯

零件图：见图 12-20a

模具结构图：见图 12-20b

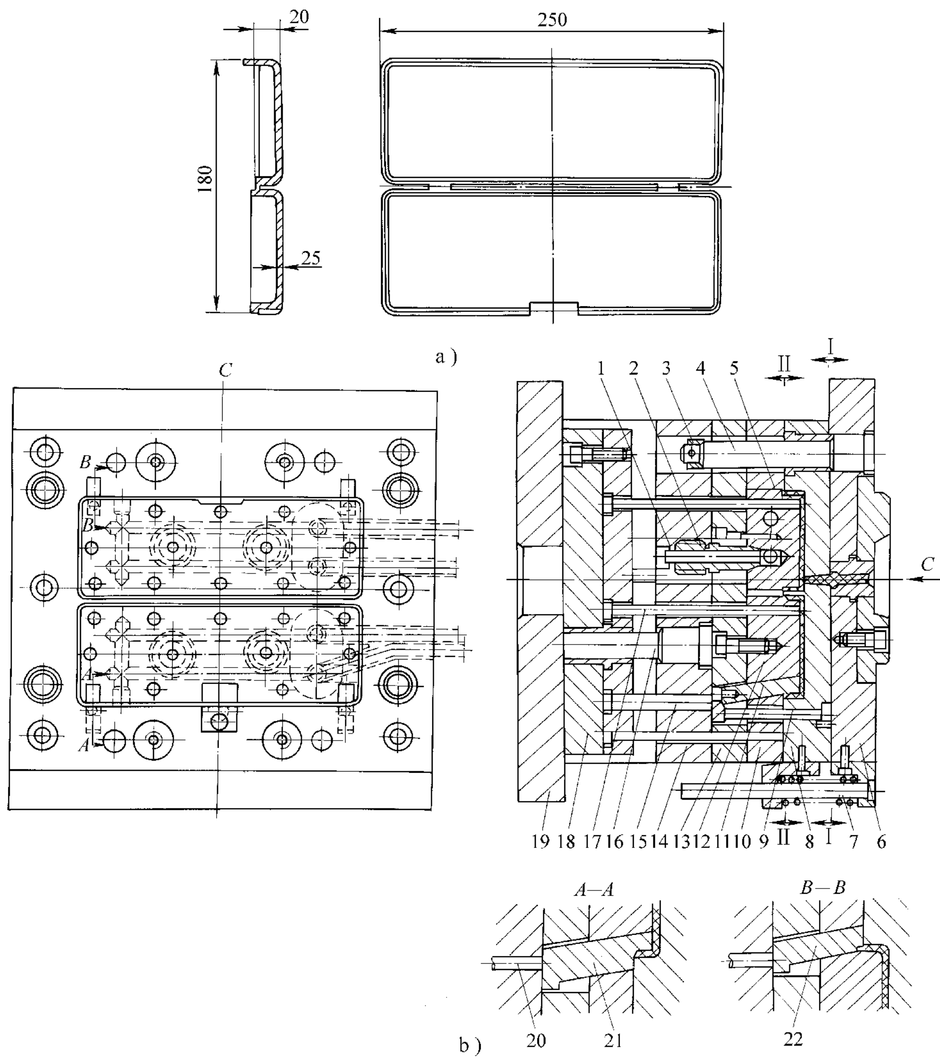


图 12-20　游标卡尺盒注塑模

a）零件　b）模具结构

1—水管　2—管接头　3—螺母　4、16—导柱　5、12—型芯　6—定模座板

7—弹簧　8—定模板　9—复位杆　10—动模板　11、21、22—斜滑块

13—垫板　14—支撑板　15、17、20—推杆　18—推板　19—动模座板

说明：

1）该模具为斜滑块成型内外侧凹的机构。其主要特点是：点浇口开设在折页近处，有利于注塑成型；塑料制件的两处外侧凹和三处内侧凹分别由斜滑块

11、21、22 成型，结构紧凑、加工简便；型芯 5、12 分别冷却，有利于控制模具温度；由于制件成型面积较大，利用四根推板导柱 16 兼起支撑作用。

2）开模时，在弹簧 7 作用下，首先沿 I—I 面分型，将主流道从主流道衬套中拉出，螺母 3 对定模板 8 限位后，模具沿 II—II 面分型。

3）推出时，由推杆 15、17、20 分别推动斜滑块 11、21、22 和制件，完成对制件各处侧凹的抽芯并推出制件，复位杆 9 用于使斜滑块复位。

实例 21　蜡烛座注塑模

零件材料：ABS

零件图：见图 12-21a

模具结构图：见图 12-21b

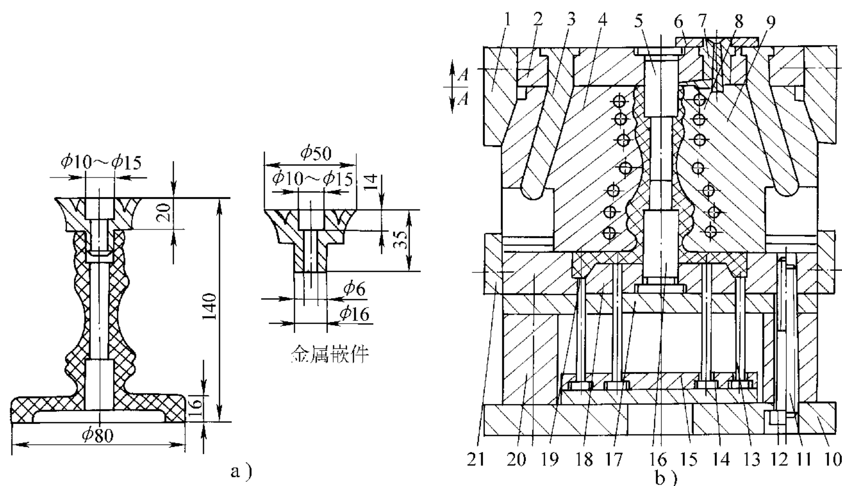


图 12-21　蜡烛座注塑模

a）零件　b）模具结构

1—锁紧块　2—定模座板　3—弯销　4—凹模左滑块　5—上型芯　6—定位圈　7—浇口套　8—冷却水管　9—凹模右滑块　10—动模座板　11—圆柱销　12—螺钉　13—推杆　14—推板　15—推杆固定板　16—型芯　17—垫板　18—凹模　19—塑料制件　20—支承块　21—限位板

说明：

1）该模具为弯销分型抽芯机构，并采用侧浇口进料，呈单分型面形式。主流道偏离中心，因侧浇口进料使塑料制件不留浇口痕迹，保证了外观。左、右抽芯距，必须超过塑料制件底盘半径。循环冷却水道均开设在凹模左、右滑块上。

2）注塑成型后，动模座板 10 离开定模座板 2，弯销 3 把凹模左、右滑块 4、9 移到限位板 21 的位置，这时注塑机顶出机构推动推板 14，推杆将塑料制件 19 推出。

实例 22　手提包注塑模

零件材料：ABS

零件图：见图 12-22a

模具结构图：见图 12-22b

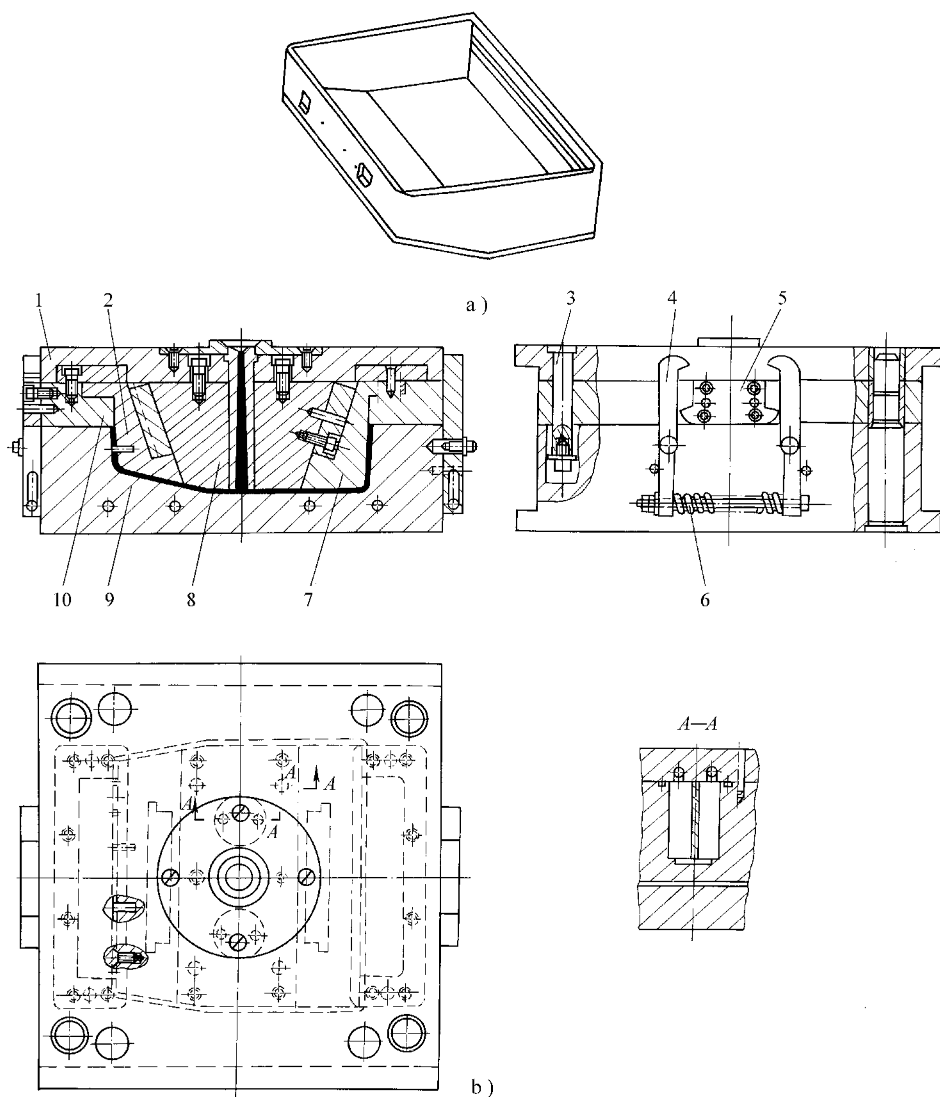


图 12-22　手提包注塑模

a）零件　b）模具结构

1—定模座板　2、7—滑块　3—拉杆　4、5—拉钩　6—弹簧　8—型芯　9—凹模　10—凸模

说明：

1）该模具为内斜滑块分型抽芯脱模机构。鉴于塑料制件内壁有凸槽以及外形要求美观不得有痕迹的特点，设计时采用把凹模倒过来的方法，选用滑块结合拉钩来达到脱模动作。

2）注塑成型后，凹模 9 与凸模 10 先作第一次分型，使塑料制件离开凹模。然后由拉钩 4、5 控制分型行程，拉动凸模与定模座板 1，作第二次分型，使塑料制件上的浇口凝料离开定模座板 ，同时勒出塑料制件脱离型芯 8。在这一运动中滑块 2、7 同步运动收缩，完成塑料制件脱模动作。拉杆 3 控制凸模行程方便复位。弹簧 6 装置使拉钩 4 增强拉力。

实例 23　仪表盖注塑模

零件材料：ABS

零件图：见图 12-23a

模具结构图：见图 12-23b

说明：

1）该模具为弯销分型内抽芯脱模机构，采用一模两腔形式。因塑件有两处内凹形状，小钩选用推座 2、插销 16 和弯销 4 组成的斜推内抽模具结构。长凹槽因尺寸长、槽浅，并有一定外倾，所以采用型芯 6 随塑件推出时被推杆 14、弹簧 15 弹出的方式。这样，避免了使用大尺寸弯销 4 等内抽芯机构造成的大面积镶块痕缺陷。

2）注塑成型后，推板 1 通过推座 2 推动弯销 4 实现小钩内抽芯的同时，推杆 14 在弹簧 15 的作用下将型芯 6 推出一段距离，使长槽在弯销 4 推出时滑出型芯。

闭模时，弯销 4 由复位杆 11 复位，型芯 6 直接由定模座板 7 推到位。

实例 24　线轮注塑模

零件材料：聚氯乙烯

零件图：见图 12-24a

模具结构图：见图 12-24b

说明：

1）该模具为左右带弯销分型的脱模机构，采用直接浇口进料，呈单分型面形式。

2）注塑成型后，首先动模向下移动一段距离，然后定模座板 2 上的弯销 3 的斜面段即迫使活动型芯滑块 4、10 向外移动。这时注塑机顶杆推动推板 17、推杆固定板 16、推杆 18 及推件板 12，推件板从成型芯 7 上把塑料制件 9 推出。

3）弯销 3 上的斜度应和两侧活动型芯滑块 4、10 上的斜度一致。锁紧块 1 上的斜度应略大于弯销 3 的斜度，活动型芯滑块 4、10 与推件板 12 用 T 形槽配合。锁紧块 1 应具备足够的力学强度。

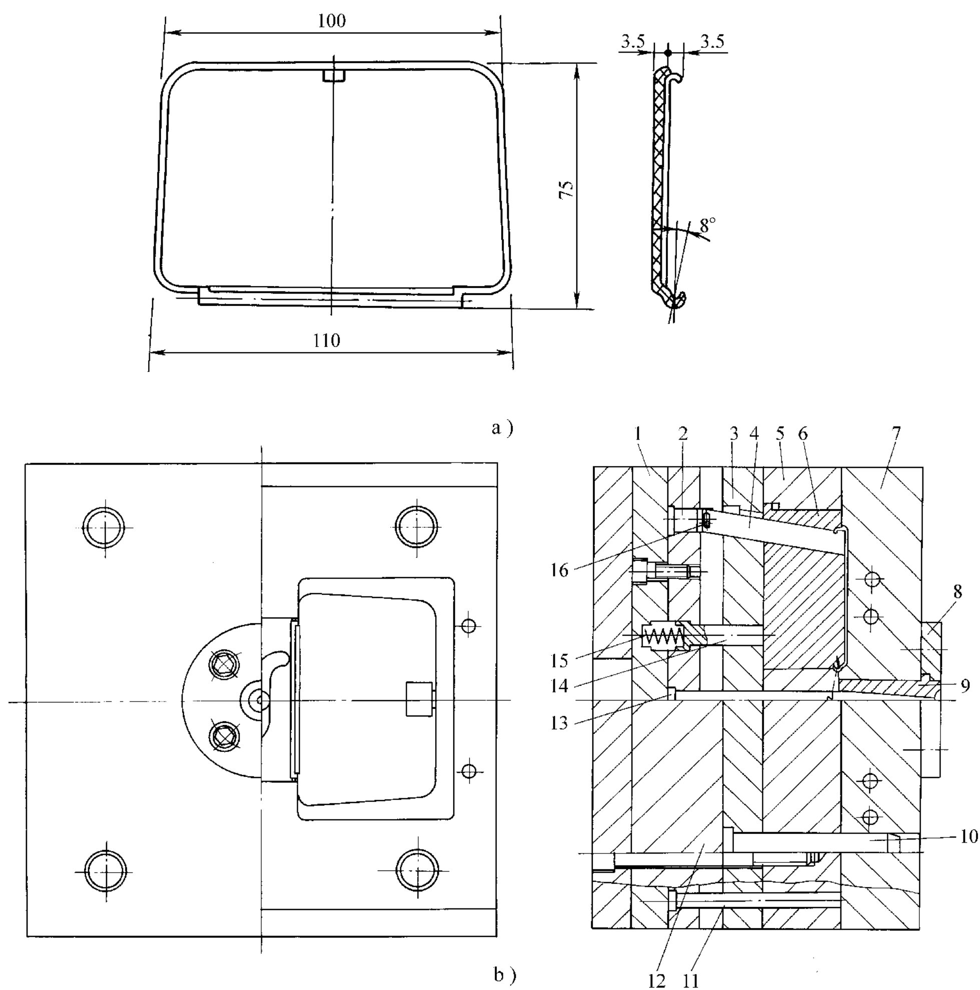


图 12-23 仪表盖注塑模

a）零件 b）模具结构

1—推板 2—推座 3—托板 4—弯销 5—动模板 6—型芯 7—定模座板

8—定位圈 9—浇口套 10—导柱 11—复位杆 12—支承块

13—拉料杆 14—推杆 15—弹簧 16—插销

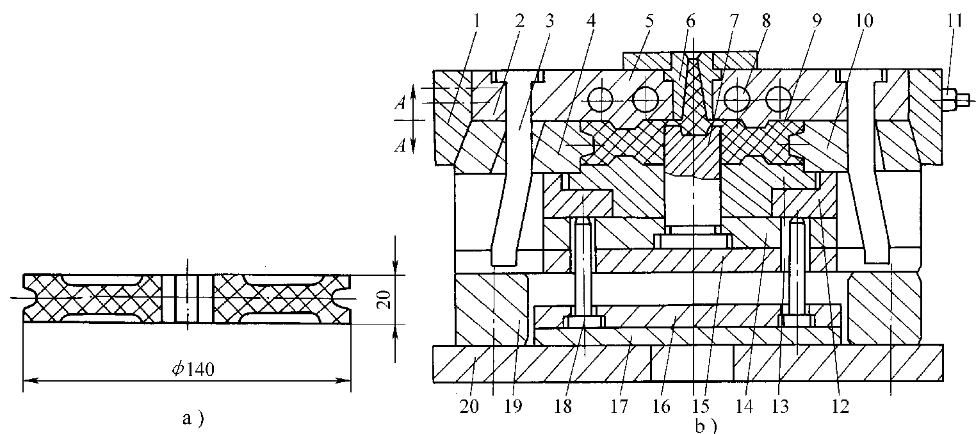


图 12-24　线轮注塑模

a）零件　b）模具结构

1—锁紧块　2—定模座板　3—弯销　4、10—活动型芯滑块　5—定位圈　6—浇口套　7—成型芯　8—冷却水道　9—塑料制件　11—水嘴　12—推件板　13—型腔　14—型芯固定板　15—垫板　16—推杆固定板　17—推板　18—推杆　19—支承块　20—动模座板

实例 25　叶轮注塑模

零件材料：聚酰胺 1010

零件图：见图 12-25a

模具结构图：见图 12-25b

说明：

1）该模具为多拼块斜面型腔旋转推出机构。

2）鉴于塑件不同角度螺旋的特点，设计时增加了推杆座 8 使推杆 6 分为两段，并能沿着塑件的旋转作上下移动，使塑件推出模外。

3）开模时，由于弹簧 9 作用，定模座板 1 与定模板 4 首先分离，接着通过拉杆 10 再使定模板 4 与动模板 5 作第二次分型，随着大推杆 11、推板 12 推动推杆座 8 和拉杆 10 把塑件旋转推出。轴承 7 使转动推杆 6 时轻松。

实例 26　电风扇叶片注塑模

零件材料：ABS

零件图：见图 12-26a

模具结构图：见图 12-26b

说明：

1）由于塑件特点，内型腔采用上、下模镶块 2、3 组合结构，脱模动作采用推杆机构。

2）开模时，定模座板 1 与动模板 4 分型，在推板 6 的作用下推杆 5 推出塑件。

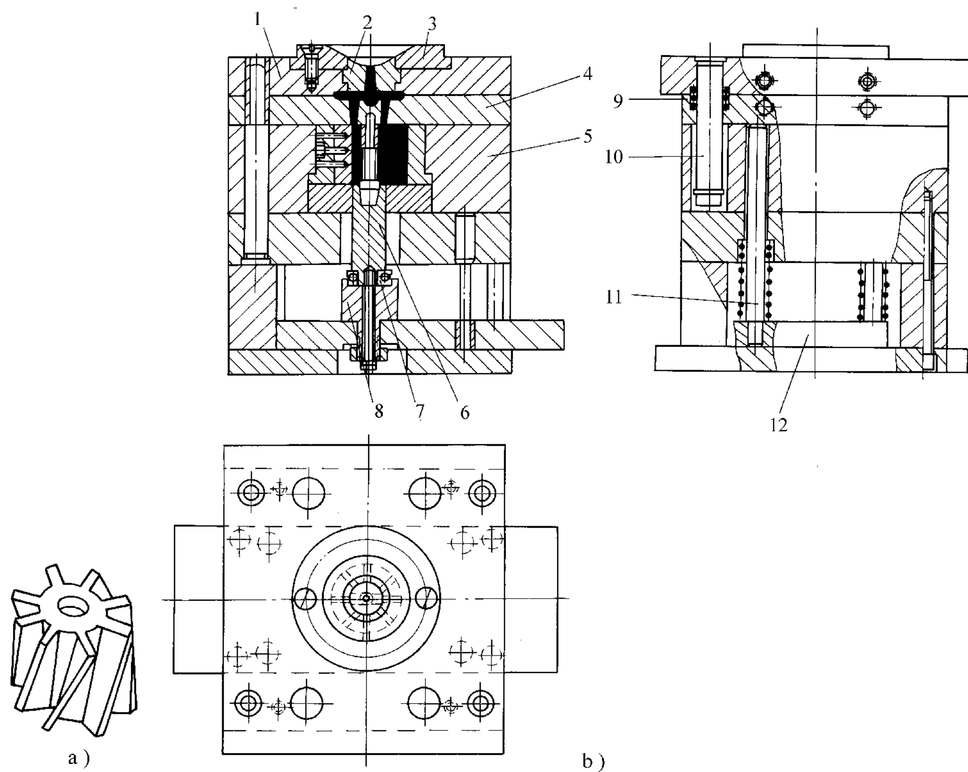


图 12-25 叶轮注塑模

a）零件 b）模具结构

1—定模座板 2—浇口套 3—定位圈 4—定模板 5—动模板 6—推杆 7—轴承 8—推杆座 9—弹簧 10—拉杆 11—大推杆 12—推板

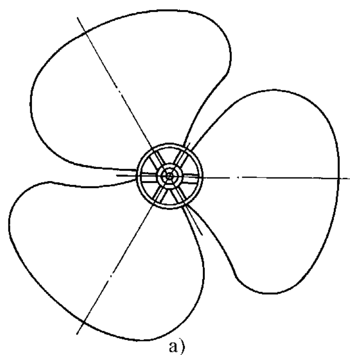
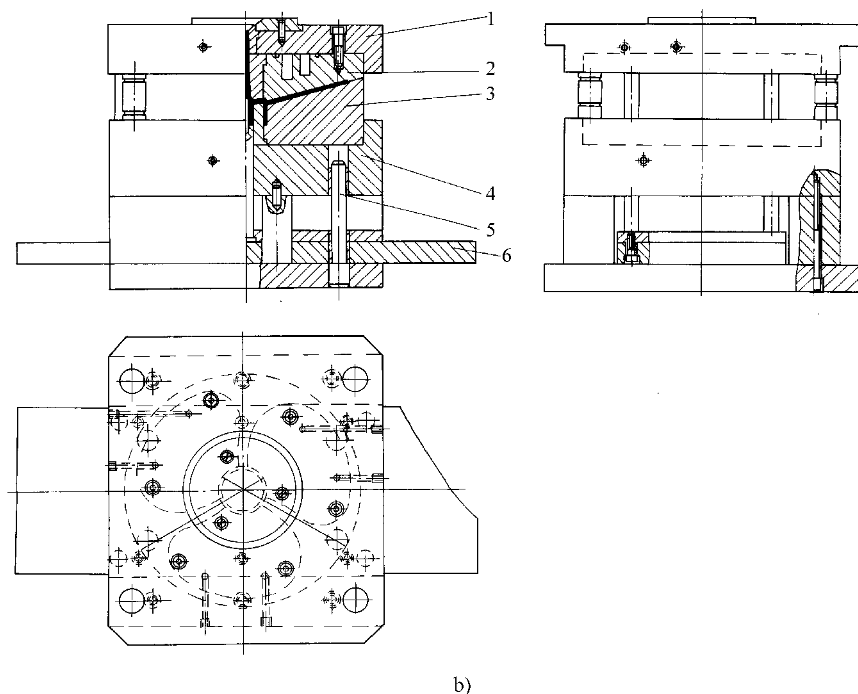


图 12-26 电风扇叶片注塑模

a）零件



b)

图 12-26　电风扇叶片注塑模（续）

b）模具结构

1—定模座板　2—上模镶块　3—下模镶块　4—动模板　5—推杆　6—推板

实例 27　拔杆注塑模

零件材料：聚甲醛

零件图：见图 12-27a

模具结构图：见图 12-27b

说明：

1）因塑料制件为叉形，并带有两个斜向孔，采用楔块分型脱模机构。该模具为一模三腔形式，从六个方向采用弹簧抽芯，结构紧凑简便。

2）注塑成型后，当楔块 1 脱离顶销 2 后，弹簧 5 推动滑块 4 使型芯 6 完成抽芯。推出时，由推杆 13、15 将制件和浇注系统凝料推出。

合模时，由楔块 1 推动顶销 2，弹簧被压缩，从而使滑块 4 带动型芯 6 进入闭模状态。

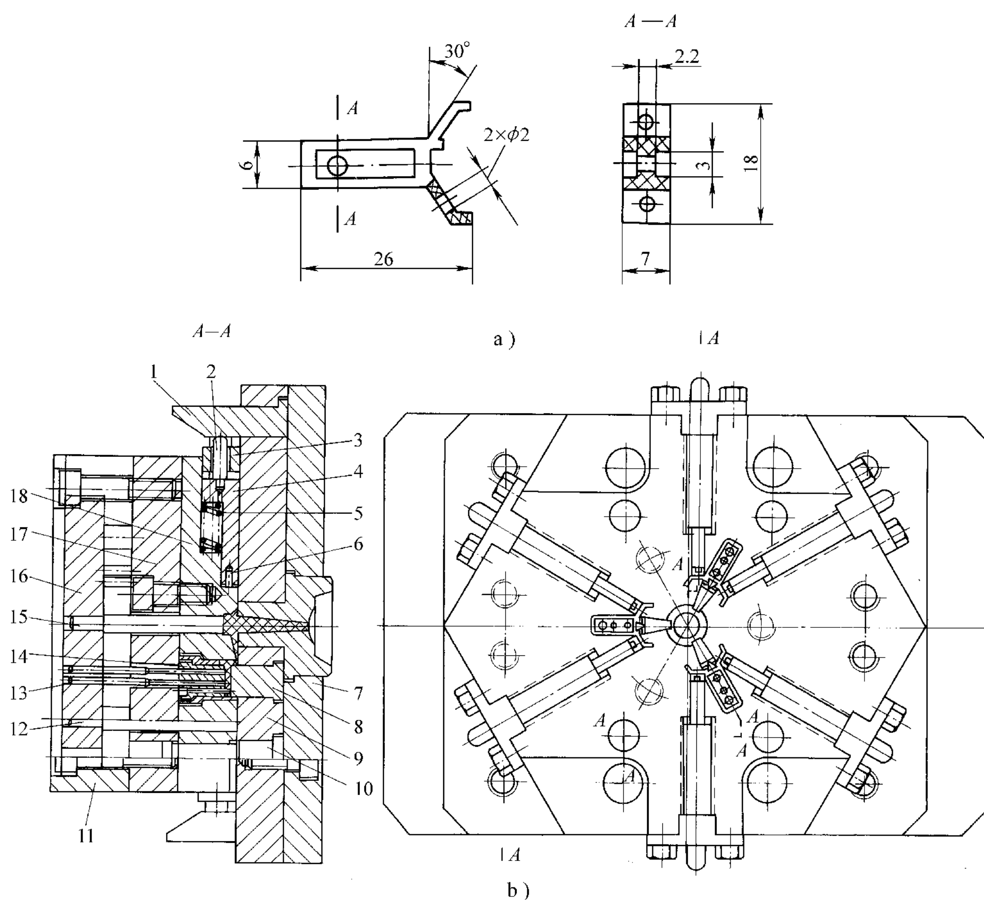


图 12-27　拔杆注塑模

a）零件　b）模具结构

1—楔块　2—顶销　3—挡板　4—滑块　5—弹簧　6、8、14—型芯　7—定模座板　9—定模板　10—复位杆　11—动模座板　12—导柱　13、15—推杆　16—推板　17—垫板　18—动模板

实例 28　喷雾药杯身注塑模

零件材料：聚苯乙烯

零件图：见图 12-28a

模具结构图：见图 12-28b

说明：

1）该模具为手摇齿轮脱螺纹出模机构。塑件两端都有外螺纹形状，本模具结构采用手摇和模外退螺纹相结合的办法。

2）开模时，先利用小端固在动模部分上螺纹型芯轴 6 的拉力，把型芯镶圈 3 脱出凸模 4 和定模板 1。然后手摇弧齿锥齿轮 5、斜齿轮 2 转动使螺纹型芯轴 6 旋转并推出塑件，脱模后再用手工脱出另一端螺纹。

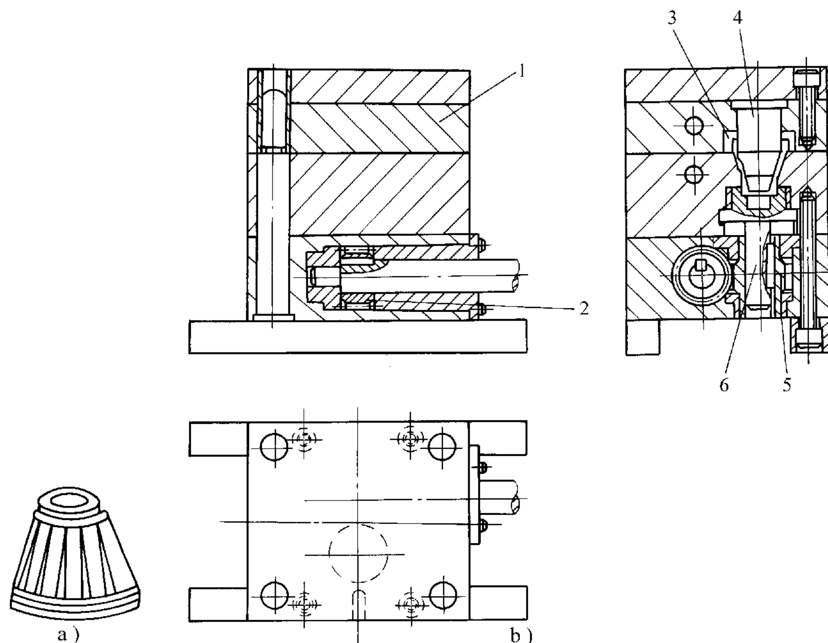


图 12-28　喷雾药杯身注塑模

a）零件　b）模具结构

1—定模板　2—斜齿轮　3—型芯镶圈　4—凸模　5—弧齿锥齿轮　6—螺纹型芯轴

实例 29　注射器筒体注塑模

零件材料：聚丙烯

零件图：见图 12-29a

模具结构图：见图 12-29b

说明：

1）该模具有 20 个型，适用于生产 2. 5mL、5mL 和 10mL 一次性医用注射器筒体。

2）注塑成型后，型腔板 5 和点浇板 8 随动模板 2 移动，点浇道拉断。在限位螺钉 6 的作用下，刮料板 9 将浇道从拉料杆 14 上刮出，浇道自动脱出。当限位杆 7 工作，型腔板停止移动，塑件从型腔中抽出。最后在限位杆 20 工作，将推板 4 将塑件全部从型芯 21 上推出，实现了自动脱模。

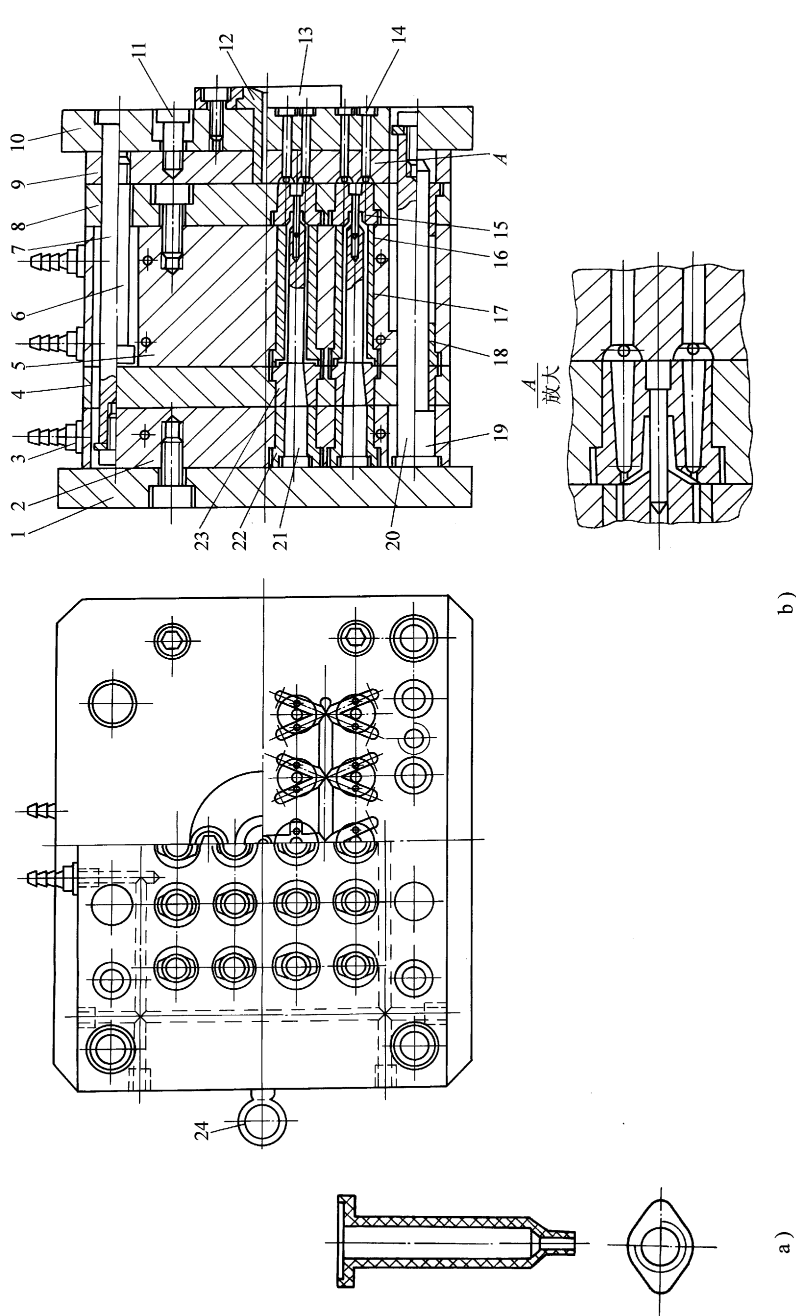


图12-29 注射器筒体注塑模

a）零件 b）模具结构

1—动模座板 2—动模板 3—水嘴 4—推板 5—型腔板 6、11—限位螺钉 7、20—限位杆 8—点浇板 9—刮料板 10—定模座板 12—浇口套 13—定位圈 14—拉料杆 15—点浇套 16—型销 17—型腔套 18—导套 19—导柱 21—型芯 22—型芯套 23—推管 24—吊环

实例 30　注射器塞杆注塑模

零件材料：聚丙烯

零件图：见图 12-30a

模具结构图：见图 12-30b

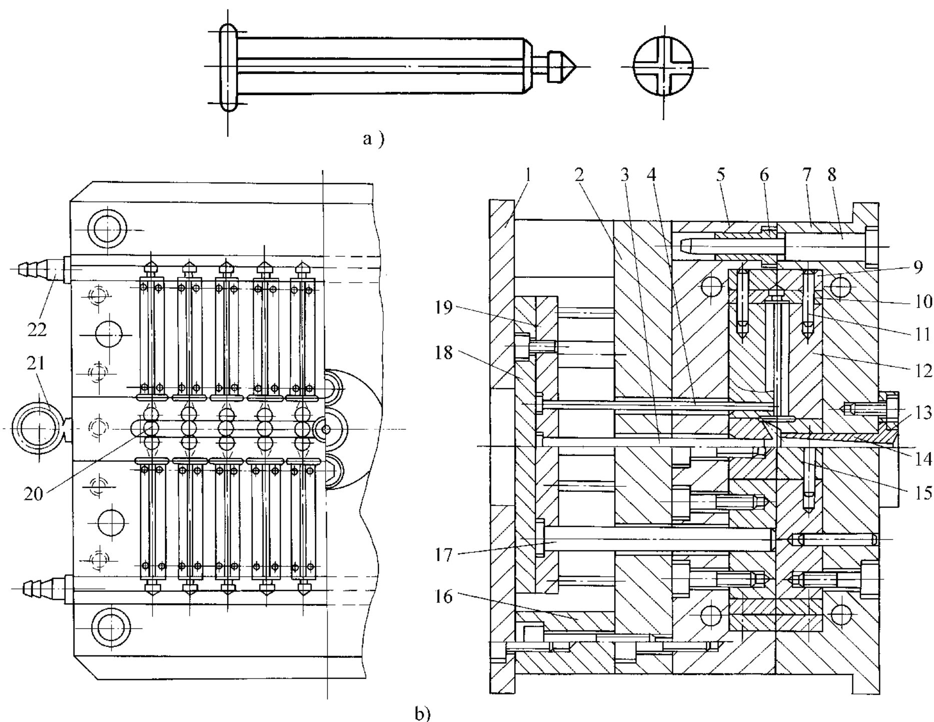


图 12-30　注射器塞杆注塑模

a）零件　b）模具结构

1—动模座板　2—垫板　3—拉料杆　4—推件杆　5—动模板　6—导套　7—定模座板　8—导柱　9、10、12、15—镶块　11—圆柱销　13—定位圈　14—浇口套　16—支承块　17—复位杆　18—推板　19—推杆固定板　20—推杆　21—吊环　22—水嘴

说明：

1）该模具为精密快速多腔的自动脱模机构，适用于生产 2.5mL、5mL 和 10mL 一次性医用注射器塞杆。

2）潜伏式的浇口方便了自动生产，并不需修剪浇口。镶块9、10、12及15设计的目的是便于机械加工型腔。靠圆柱销11定位嵌入动模板5及定模座板7。

实例31 带螺纹圆盒注塑模

零件材料：聚苯乙烯

零件图：见图12-31a

模具结构图：见图12-31b

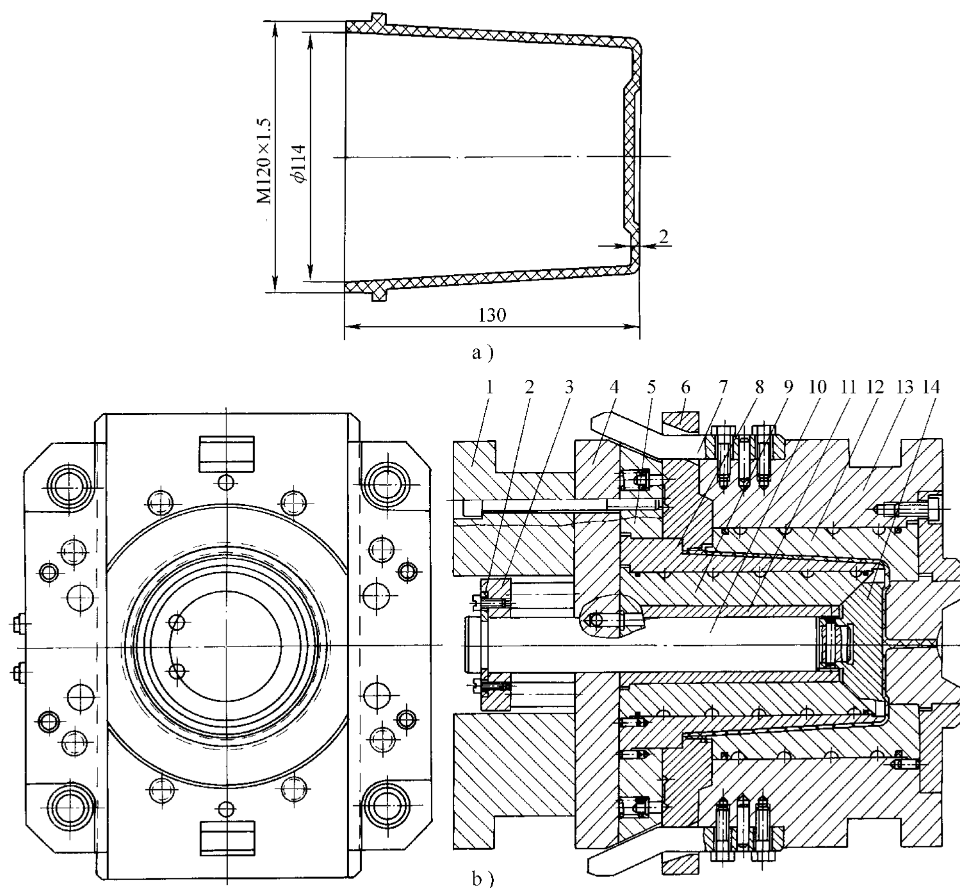


图12-31 带螺纹圆盒注塑模

a）零件 b）模具结构

1—动模座板 2—卡圈 3—推板 4—动模板 5—型芯固定板 6—滑块 7—弯销 8—型芯 9—水套 10—连接杆 11—衬套 12—定模镶件 13—定模座板 14—推块

说明：

1）该模具为弯销分型抽芯脱模机构。

2）塑料制件上的螺纹由一对滑块 6 成型，并由弯销 7 进行脱螺纹，模具结构较为紧凑。

3）定模座板 13 的圆锥面既使滑块 6 得到强有力的锁紧，又可使动、定模自动对准中心，使塑料制件获得均匀的壁厚。

4）塑料制件的内外表面均有螺旋式水路进行冷却，具有较好的冷却效果。

5）注塑成型后，塑料制件由推块 14 推出，制件与推块接触面较大且受力均匀。

6）连接杆 10 及衬套 11 均为淬硬件。

实例 32　气压瓶盖注塑模

零件材料：ABS

零件图：见图 12-32a

模具结构图：见图 12-32b

说明：

1）该模具为斜导柱分型侧向抽芯机构。塑件的侧面深孔和小孔由滑块上的型芯成型，中间内腔的两处内侧凸肋由斜滑块 13 成型。

2）开模时，塑件被带往动模一侧，同时斜导柱 1 和 8 分别带动滑块 3 和 6 完成对两侧斜向型芯的抽芯。推出过程中，推杆 15 推动由导滑块 14 导滑的斜滑块 13，沿型芯 9 的斜面移动，从而完成塑件内侧凸肋处的抽芯，同时推出塑件。

实例 33　螺纹瓶盖注塑模

零件材料：高压聚乙烯

零件图：见图 12-33a

模具结构图：见图 12-33b

说明：

1）该模具为斜推杆分型二次推出脱模机构，螺纹型芯以燕尾组合而成，且采用侧浇口进料，呈一模两腔形式。

2）注塑成型后，动模首先移动，动模垫板 11 把塑料制件从定模座板 1 内带出，然后注塑机顶杆推动推板 19，并带动斜推杆 12 推动螺纹型芯 6、8 向中间合拢，塑料制件上的螺纹部分脱离螺纹型芯，完成了一次推出。随后斜推杆 12 在弹簧 18 的作用下，将塑料制件推出，完成第二次推出。推出系统的复位，靠定模座板上的复位杆 4 来实现。

3）浇口尺寸的宽度取 5mm，深为 1mm。

4）与斜推杆 12 相配合的斜孔应同时钻铰，螺纹型芯燕尾处要研配合适。

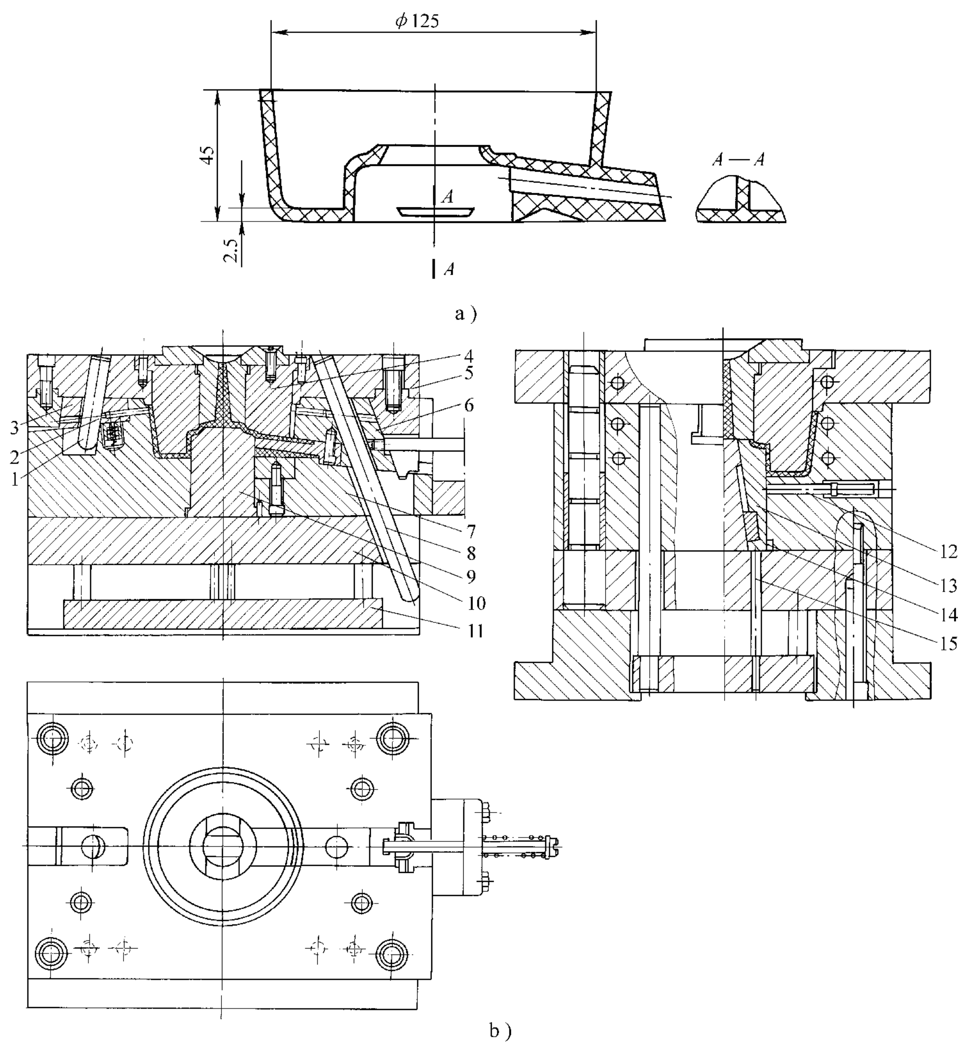


图 12-32　气压瓶盖注塑模

a）零件　b）模具结构

1、8—斜导柱　2、4、9—型芯　3、6—滑块　5—定模座板　7—动模板　10—支承板

11—推板　12—定位销　13—斜滑块　14—导滑块　15—推杆

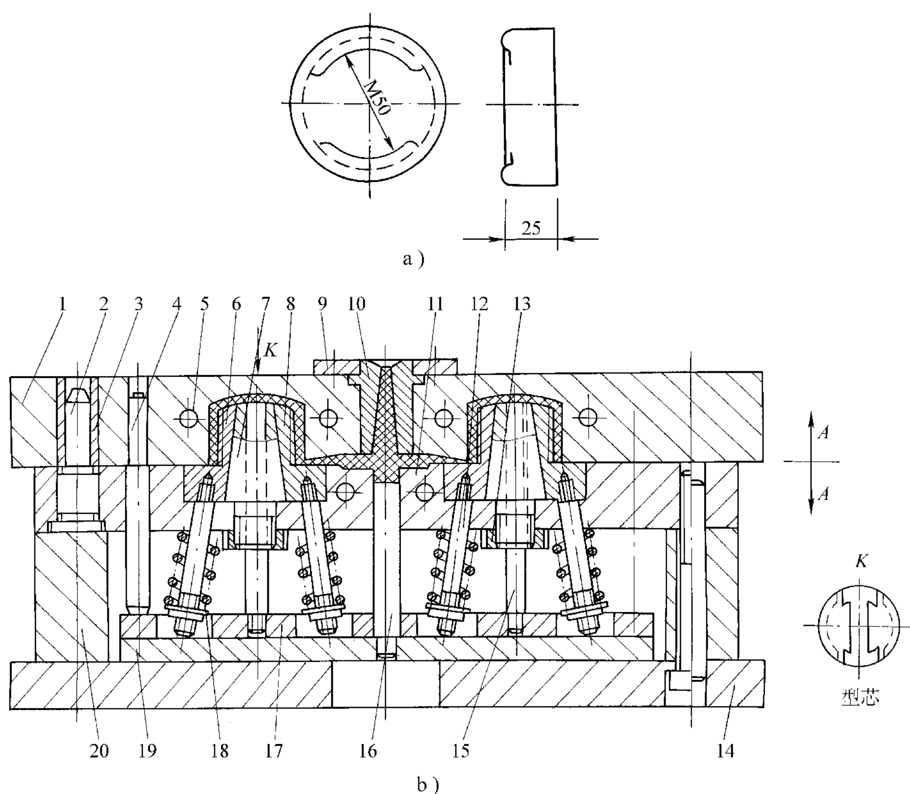


图 12-33　螺纹瓶盖注塑模

a）零件　b）模具结构

1—定模座板　2—导柱　3—导套　4—复位杆　5—冷却水道　6、8—螺纹型芯　7—型芯　9—定位圈　10—浇口套　11—动模垫板　12—斜推杆　13—锁母　14—动模座板　15、16—推杆　17、19—推板　18—弹簧　20—支承块

实例 34　水瓢注塑模

零件材料：聚氯乙烯

零件图：见图 12-34a

模具结构图：见图 12-34b

说明：

1）该模具为斜导柱抽芯的单分型面机构，并采用直接浇口。因塑件形状不对称，设计成单面斜导柱形式，故抽芯距离较长，主流道偏离中心线一侧。整个冷却系统均设在凸模上。滑块的导滑槽呈燕尾结构形状。推杆连接推杆，利用弹簧力恢复原位。

2）注塑成型后，动模与定模分开，斜导柱 12 带动滑块 13 向右移动一段距离，从塑件 11 中抽出。这时注塑机顶出机构推动推杆 20、推板 7，塑件从凸模 6 上脱落。

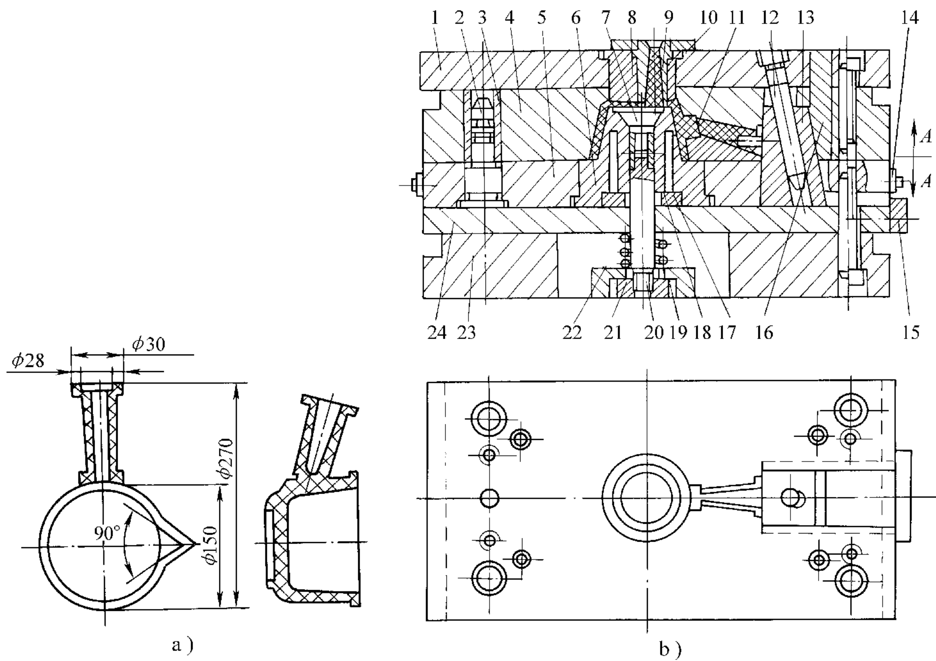


图 12-34　水瓢注塑模

a）零件　b）模具结构

1—定模座板　2—导柱　3—导套　4—凹模　5—凸模固定板　6—凸模　7—推块　8—镶件　9—浇口套　10—定位圈　11—塑件　12—斜导柱　13—滑块　14—水嘴　15—挡块　16—锁紧块　17—密封圈　18—盖板　19—弹簧　20—推杆　21—螺母　22—托簧套　23—动模座板　24—垫板

实例 35　空心球柄注塑模

零件材料：高密度聚乙烯

零件图：见图 12-35a

模具结构图：见图 12-35b

说明：

该模具为推板分型推管脱模机构，采用一模四腔形式。型芯 3 穿过推出管 4 和前、后推板 17、18，靠型芯固定板 2 紧固在动模座板 1 上。

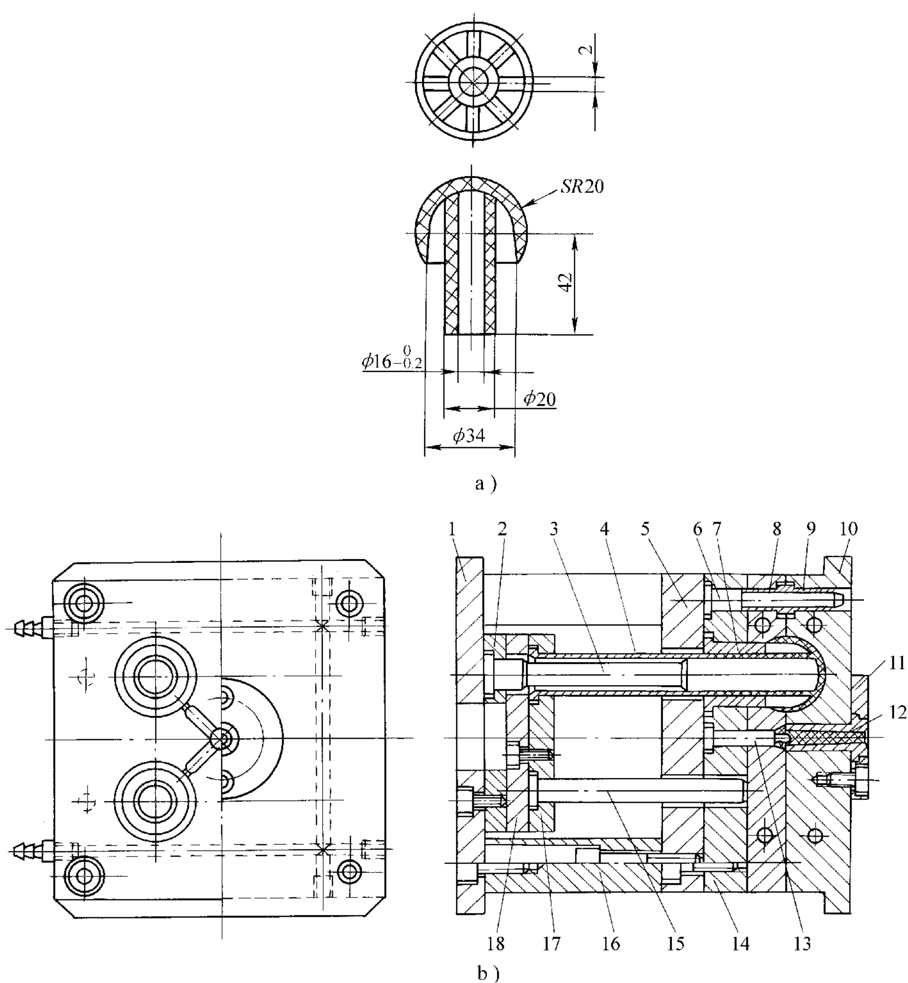


图 12-35　空心球柄注塑模

a）零件　b）模具结构

1—动模座板　2—型芯固定板　3—型芯　4—推出管　5—垫板　6—导柱　7—成型套　8—推出板　9—导套　10—定模座板　11—定位圈　12—浇口套　13—拉料杆　14—动模板　15—推杆　16—支承块　17—前推板　18—后推板

实例 36　大口桶盖注塑模

零件材料：高密度聚乙烯

零件图：见图 12-36a

模具结构图：见图 12-36b

说明：

1）该模具采用斜滑块分型内侧抽芯机构，适用于内壁有凸凹形状的塑件。

2）斜滑块 10 在推杆 14 的作用力下，沿主型芯 9 的燕尾槽内滑动，作内侧抽芯。闭模时，斜滑块 10 靠拉杆 1 与弹簧 2 的力复位，推板 17 靠弹簧 13 也同时退回。为避免塑件曲挠，特设有两个推出杆 16，既可起推出作用，又保证推出机构的完全复位。

图 12-36 大口桶盖注塑模

a）零件 b）模具结构

1—拉杆 2、13—弹簧 3—垫板 4—动模板 5—型腔板 6—导柱 7—限位螺钉 8—定模座板 9—主型芯 10—斜滑块 11—水槽盖板 12—水嘴 14—推杆 15—动模座板 16—推出杆 17—推板

实例 37 洗衣机把手注塑模

零件材料：ABS

零件图：见图 12-37a

模具结构图：见图 12-37b

说明：

1）该模具为齿轮齿条机构成型斜孔的注塑模。此模具采用斜导柱及齿轮齿条抽芯结构，可同时完成两侧抽芯及斜孔抽芯。

2）塑件两侧有外侧凹槽，内孔为一长方形斜孔，外侧凹槽由滑块 3、5 成型，斜孔由型芯 4 成型。为缩短塑料流程及减少注塑成型后的修饰工作，而采用直流道点浇口直接进料方式。

3）注塑成型后，斜导柱 6 和另一斜导柱带动滑块 3、5 向两侧移动脱开塑件。同时齿条 9 带动齿轮 16 按逆时针旋转，并通过轴 15 及平键 14 带动齿轮 13，齿轮 13 同与型芯 4 相连接的齿条 10 相啮合，因此使齿条 10 及型芯 4 沿抽出方向移动，完成斜孔抽芯。

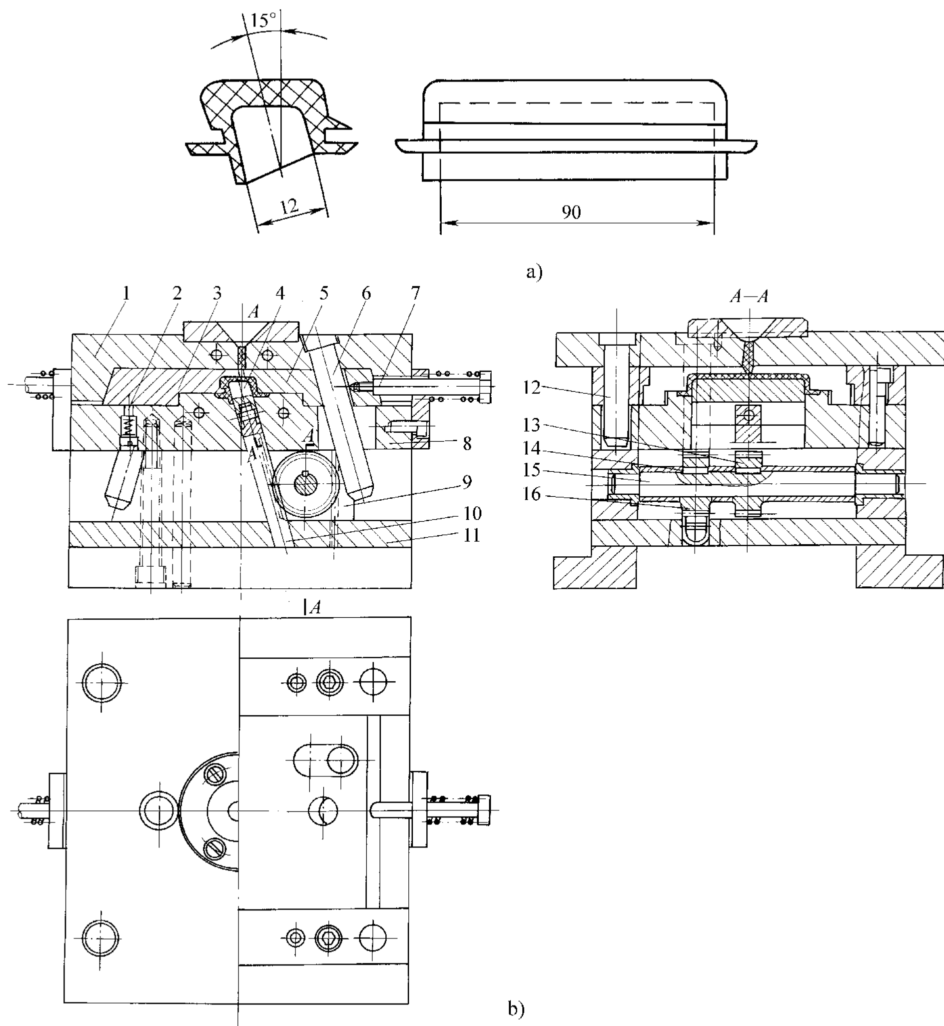


图 12-37　洗衣机把手注塑模

a）零件　b）模具结构

1—定模座板　2—限位销　3、5—滑块　4—型芯　6—斜导柱　7—拉杆　8—动模板　9、10—齿条　11—垫板　12—压板　13、16—齿轮　14—平键　15—轴

实例 38　斜三通注塑模

零件材料：硬聚氯乙烯

零件图：见图 12-38a

模具结构图：见图 12-38b

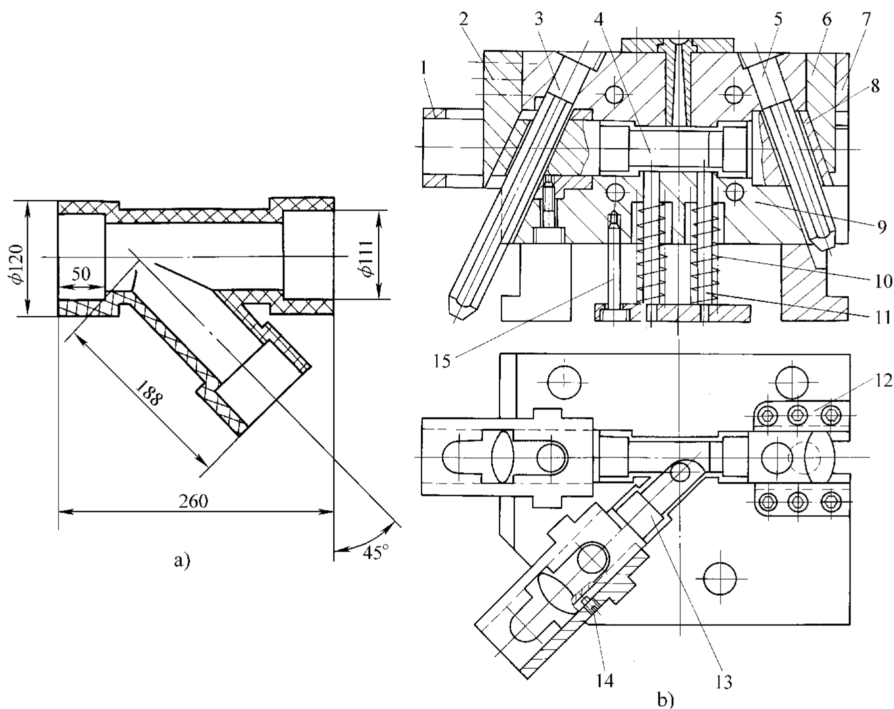


图 12-38　斜三通注塑模

a）零件　b）模具结构

1—导滑套　2、6—楔块　3、5—斜导柱　4、8、13—型芯　7—定模座板

9—动模板　10—弹簧　11—推杆　12—压条

14—限位螺钉　15—内六角螺钉

说明：

1）该模具为斜导柱分型抽芯机构。因塑件形状为从三方面相互贯穿的通孔，故需设计三组斜导柱抽芯结构。

2）为了满足塑件需较大的抽拔距离的要求，并确保滑动的型芯 4、13 能符合常规要求，除了型芯 8 以外，型芯 4、13 均设在加长了的导滑套 1 之中，使型芯移动 200mm 后，仍处在导滑套内。这不仅大大减小了模具的尺寸，而且利用导滑套将模块锁紧，防止了型芯在注塑充模压力下产生后退。

实例 39　直角弯头注塑模

零件材料：硬聚氯乙烯

零件图：见图 12-39a

模具结构图：见图 12-39b

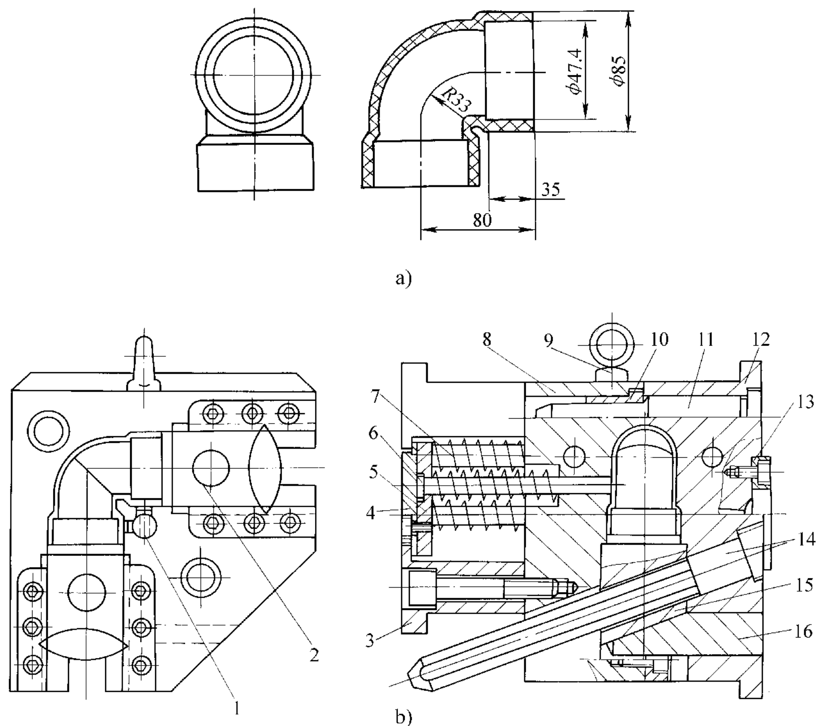


图 12-39　直角弯头注塑模

a）零件　b）模具结构

1—拉料杆　2—左滑块　3—动模座板　4—推板　5—推杆固定板　6—推杆　7—弹簧　8—动模板　9—吊环　10—导套　11—导柱　12—定模座板　13—定位圈　14—斜导柱　15—右滑块　16—锁紧块

说明：

1）该模具为斜导柱分型抽芯机构。左、右滑块 2、15 移动时，靠斜导柱 14 的作用力抽芯。塑件靠注塑机的中心液压缸推出。

2）必须注意的是，推出机构必须在闭模前预先复位，否则闭模时由于滑块前进将挤伤推杆 6。因此，弹簧 7 应有足够的力矩，在推出液压缸的活塞退回后迫使推板 4、推杆固定板 5 和推杆 6 复位。

实例 40　水龙头注塑模

零件材料：聚甲醛

零件图：见图 12-40a

模具结构图：见图 12-40b

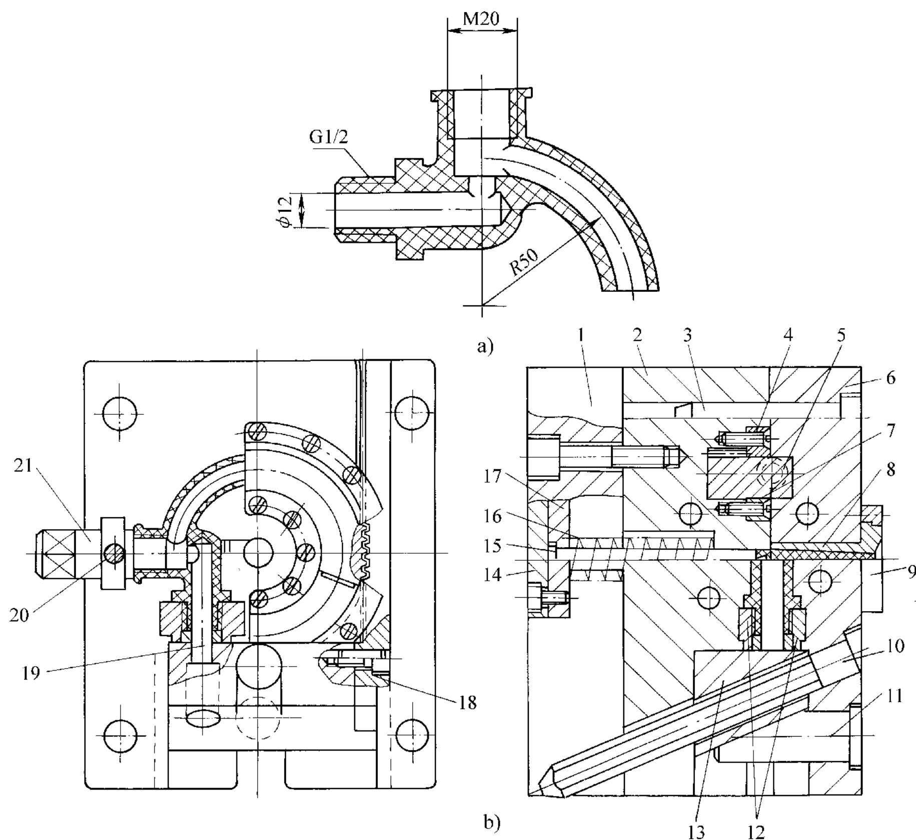


图 12-40 水龙头注塑模

a）零件 b）模具结构

1—动模座板 2—动模板 3—导柱 4—外弧形压板 5—弯芯齿轮 6—定模座板 7—内弧形压板 8—浇口套 9—定位圈 10—斜导柱 11—锁紧块 12—哈夫块 13—滑块 14—推板 15—拉料杆 16—弹簧 17—推杆固定板 18—齿条 19—型销 20—定位销 21—型芯

说明：

1）该模具结构可实现半径为 50mm 的圆弧型芯模内抽芯。开模时，靠斜导柱 10 移动滑块 13，使型销 19 和齿条 18 同时抽动，并迫使圆弧弯芯齿轮 5 沿弧形导槽运动，实现抽芯动作。

2）型芯 21 是采用模外手动旋转脱螺纹，故有三个零件需互换。

3）闭模时，随着活动滑块 13 的复位，弯芯齿轮 5 又被齿条 18 带动，使圆弧弯芯恢复至原位。

实例 41 堵头注塑模

零件材料：高密度聚乙烯

零件图：见图 12-41a

模具结构图：见图 12-41b

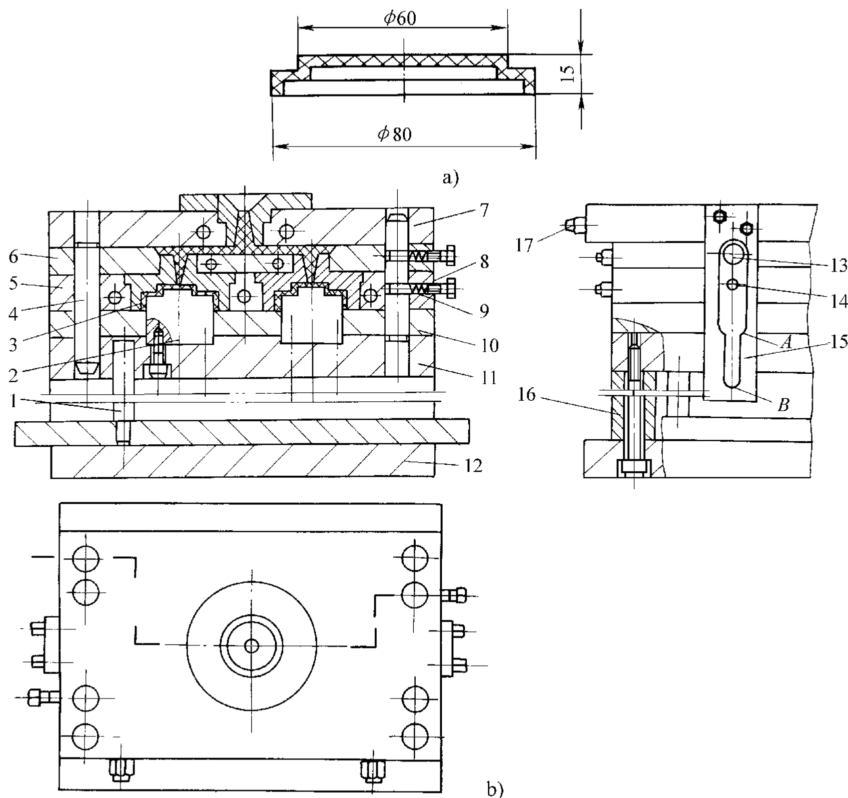


图 12-41　堵头注塑模

a）零件　b）模具结构

1—推杆　2—型芯　3—成型镶套　4—导柱　5—定模型板　6—浇口板　7—定模座板　8—弹簧　9—钢珠　10—推板　11—动模型板　12—动模座板　13、14—销子　15—限位板　16—支承块　17—水嘴

说明：

1）该模具为推板分型脱模机构，采用一模两腔形式。

2）注塑成型后，浇口板 6 与定模座板 7、定模型板 5 与浇口板 6、推板 10 与定模型板 5 分别依次脱开一定距离，然后推出系统的推杆 1 推动推板 10，使塑料制件由型芯 2 上脱出。

在钢珠 9 和弹簧 8 的作用下，浇口板 6 和动模型板 11 能依次与定模座板 7 分开。当销子 14 与限位板 15 在 *A* 点接触时，为浇口板 6 与型芯 2 脱开的距离。又当销子 14 与限位板 15 在 *B* 点接触时，为定模型板 5 与浇口板 6 脱开的距离。

3）浇口尺寸的直径为 0. 8mm。

4）成型镶套3固定在定模型板5上，通常按静配合压入。钢珠9装入后只能凸出钢珠直径的1/3左右。

实例42　荧光管灯座注塑模

零件材料：改性有机玻璃

零件图：见图12-42a

模具结构图：见图12-42b

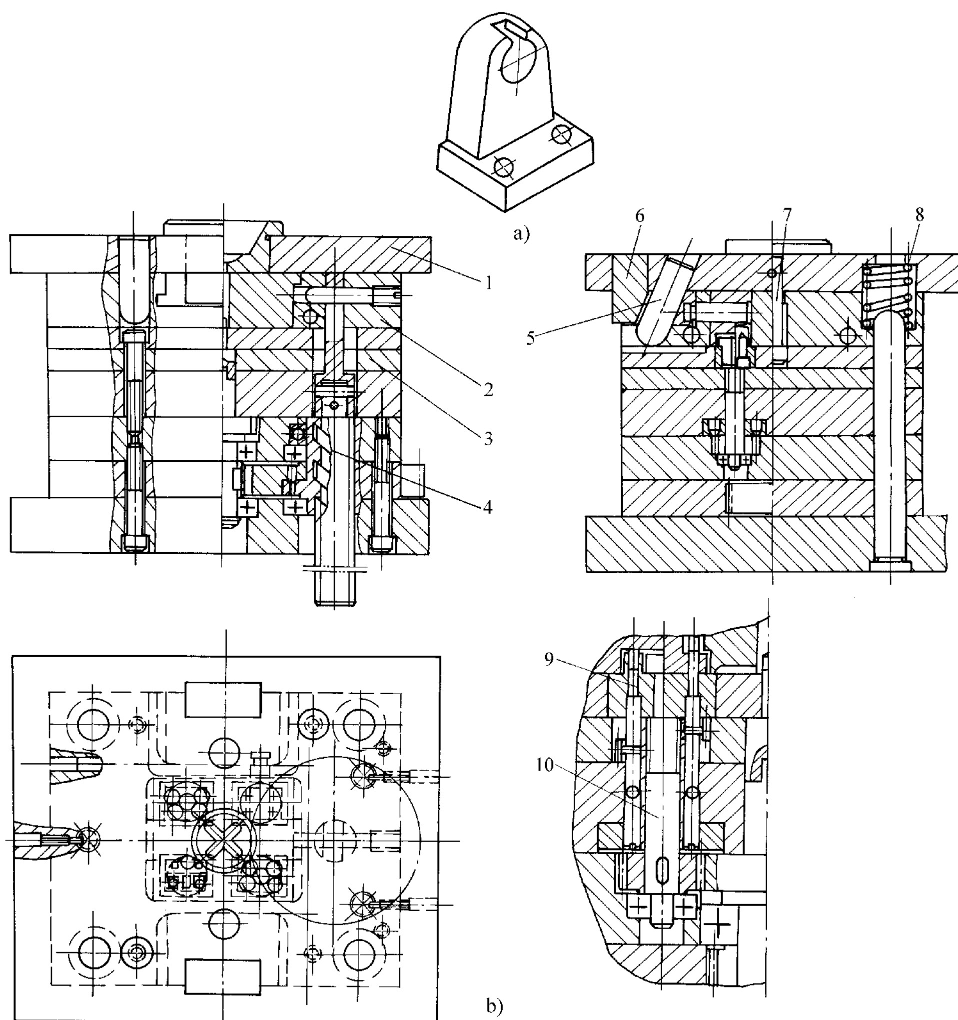


图12-42　荧光管灯座注塑模

a）零件　b）模具结构

1—定模座板　2—定模板　3—动模板　4—螺杆　5—斜导柱　6—锁紧块　7—限位螺钉　8—弹簧　9—螺纹型芯　10—中心齿轮轴

说明：

1）该模具为斜导柱分型抽芯脱模机构。

2）注塑成型后，定模座板 1 在弹簧 8 的作用下与定模板 2 分离，同步在斜导柱 5 作用下进行抽芯，但受到限位螺钉 7 的阻挡，仍继续开模。在动模板 3 和螺杆 4 的作用下带动齿轮件，从而带动中心齿轮轴 10，转动螺纹型芯 9，并脱离取出塑料制件。

实例 43 调味壶身注塑模

零件材料：聚苯乙烯

零件图：见图 12-43a

模具结构图：见图 12-43b

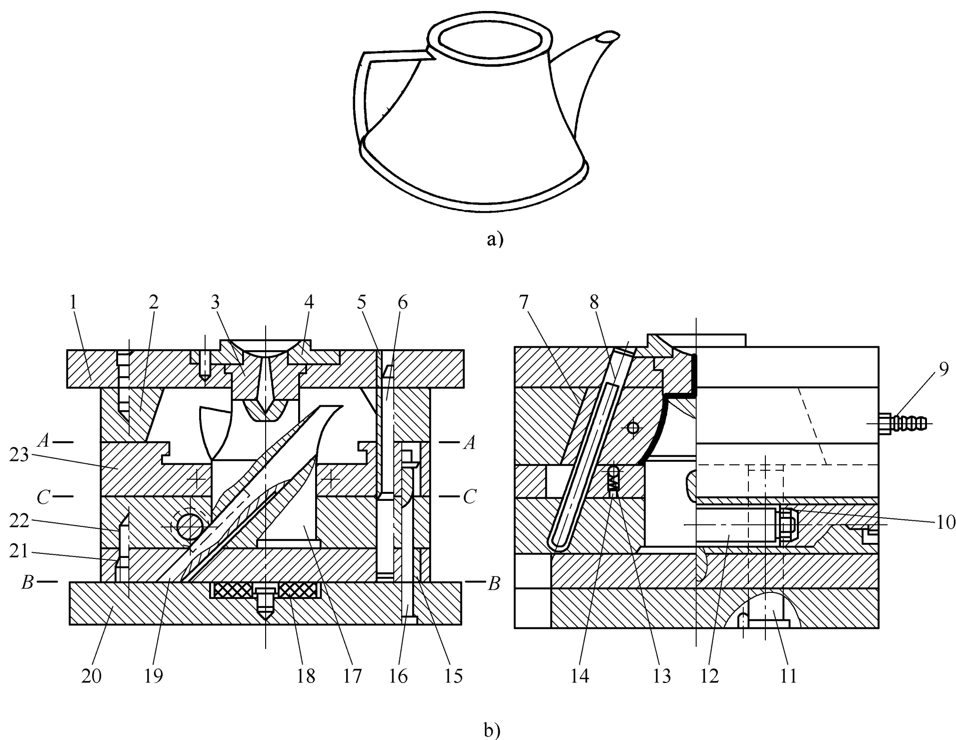


图 12-43 调味壶身注塑模

a）零件 b）模具结构

1—定模座板 2—定模板 3—浇口套 4—定位圈 5—导套 6—导柱 7—左右哈夫块 8—斜导柱 9—水嘴 10—轴承 11—齿条 12—齿轮 13—碰珠 14、15—弹簧 16—拉杆 17—型芯 18—聚氨酯橡胶块 19—齿条型芯 20—动模座板 21—托板 22—动模板 23—推件板

说明：

1）该模具为斜导柱分型、齿条抽芯脱模机构。调味壶身的型腔由左右哈夫

块 7、型芯 17 和齿条型芯 19 组成。鉴于塑料制件的特殊形状，它应具有 *A—A*、*B—B*、*C—C* 三次分型机构来完成。设计时，利用齿条的动力进行抽动，外形通过斜导柱脱模。

2）注塑成型后，由于斜导柱 8 固定在定模座板 1 上，因此当定模座板 1、定模板 2 与推件板 23 在 *A—A* 面第一次分型时，斜导柱 8 抽动左右哈夫块 7，先使塑料制件外形分型。紧接着利用弹簧 15 和聚氨酯橡胶块 18 的弹力，使动模座板 20 与托板 21 在 *B—B* 面产生第二次分型，让齿条 11 运动通过齿轮 12，同时作用于齿条型芯 19 往后抽缩，使齿条型芯 19 脱离壶嘴，拉杆 16 控制齿条 11 的运动距离。当齿条型芯脱出壶嘴后，通过拉杆 16 上的凸肩再拉动动模板 22 与推件板 23 在 *C—C* 面进行第三次分型。当动模板后退时，推件板 23 反勒出塑料制件脱出型芯 17。

碰珠 13 使左右哈夫块能精确定位。模具内通水冷却来保证塑料制件成型的质量和生产率。

实例 44　多格盒注塑模

零件材料：聚酰胺 1010

零件图：见图 12-44a

模具结构图：见图 12-44b

说明：

1）该模具为推板和气动联合脱模机构。塑料制件为一较高的盒，内形分成九个较深的空腔。为了便于成型，此模具采用五个点浇口进料。

2）开模时，由于制件对空腔及型芯具有较大的附着力及包紧力，因此 I—I 分型面首先分型，同时由拉料杆 10 拉断点浇口，当垫圈 14 限位后，模具沿 II—II 面分型，此时托板 11 将浇道凝料从拉料杆 10 上脱出，并自动落下，随后由垫圈 16 限位，模具沿 III—III 面分型。推出时，推杆 2 推动推件板 15 推动制件。此时，由于制件与阀杆 5 之间的附着力及真空作用使阀杆产生微动，阀杆 5 头部锥面与型芯 7 锥孔之间形成一间隙，空气则通过孔及间隙进入制件与型芯 7 之间，消除其真空状态，从而使制件顺利推出。弹簧 3 用于使阀杆 5 复位，螺钉 6 用于推出时限位。

实例 45　啤酒瓶周转箱注塑模

零件材料：聚丙烯

零件图：见图 12-45a

模具结构图：见图 12-45b

说明：

1）该模具为拉钩顺序脱模机构。塑料制件是框架形容器，四壁周围均需抽芯。此模具采用四边哈夫结构，在生产时，有时因哈夫块楔得过紧，以使制件滞

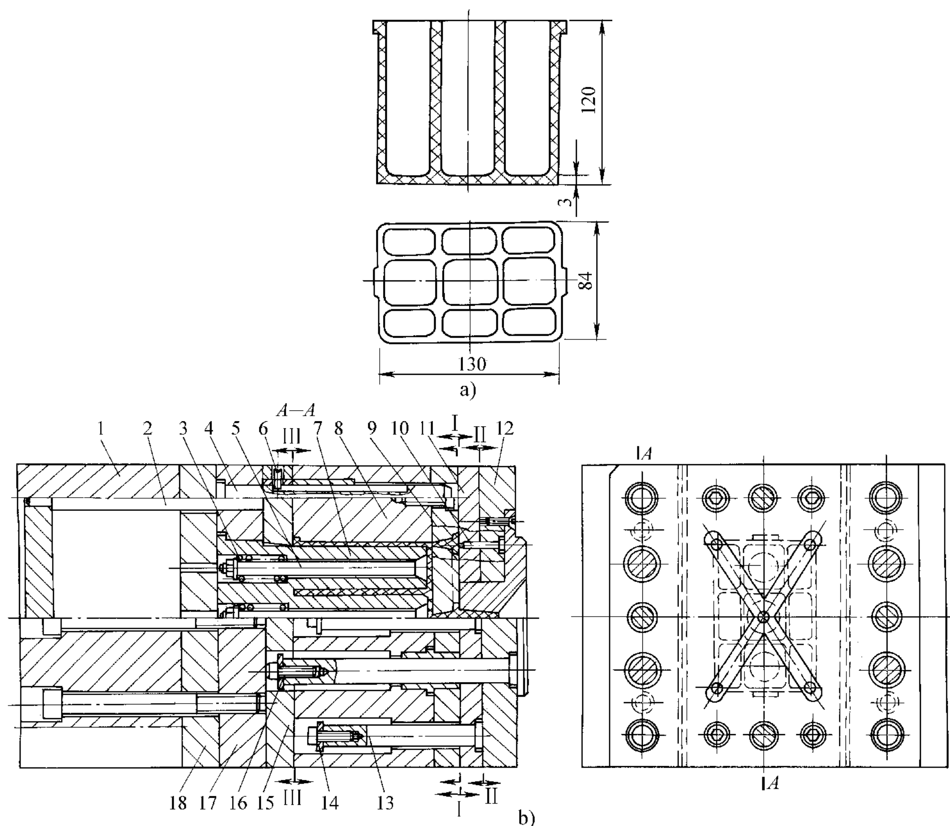


图 12-44　多格盒注塑模

a）零件　b）模具结构

1—动模座板　2—推杆　3—弹簧　4—导柱　5—阀杆　6—螺钉　7—型芯　8—定模板　9—浇口板　10—拉料杆　11—托板　12—定模座板　13—定距拉杆　14、16—垫圈　15—推件板　17—型芯固定板　18—垫板

留在未分型的哈夫块 10 内难以脱出。为此设置了拉钩 19 解决这一问题。哈夫块随拉钩移动的同时，沿燕尾条 1 外移，自动与拉钩 19 脱开。本模具采用四浇点的点浇口结构，设置在制件底肋的交汇处。应注意推杆 5 既要达到定模座板 11 上的下流道，又不能影响冷料穴拉断浇点，因此，推杆不能离冷料穴太近。

2）该模具冷却很重要，否则，不但影响生产效率，而且易造成脱模困难。为此底型板 9 采用 S 形冷却水道，通过定模板 12 引导，型芯镶件 7 应用的是导水管 23 循环冷却至每一块型芯，四边哈夫以 U 形水道通过长水嘴 15 引至模外。

3）注塑成型后，因型腔内包紧力较大，在弹簧 4 的作用下，I—I 分型面先

分型，浇点被冷料穴拉断，随之浇道系统被推杆 5 推出。当挡片 17 到达限位后，使 II—II 分型面分型，在拉钩 19 和弹簧 2 的作用力下，哈夫块 10 沿燕尾条 1 向模套 14 外移至被挡块 21 挡住。然后，由注塑机两边的顶出装置通过推板 16 将制件推出。

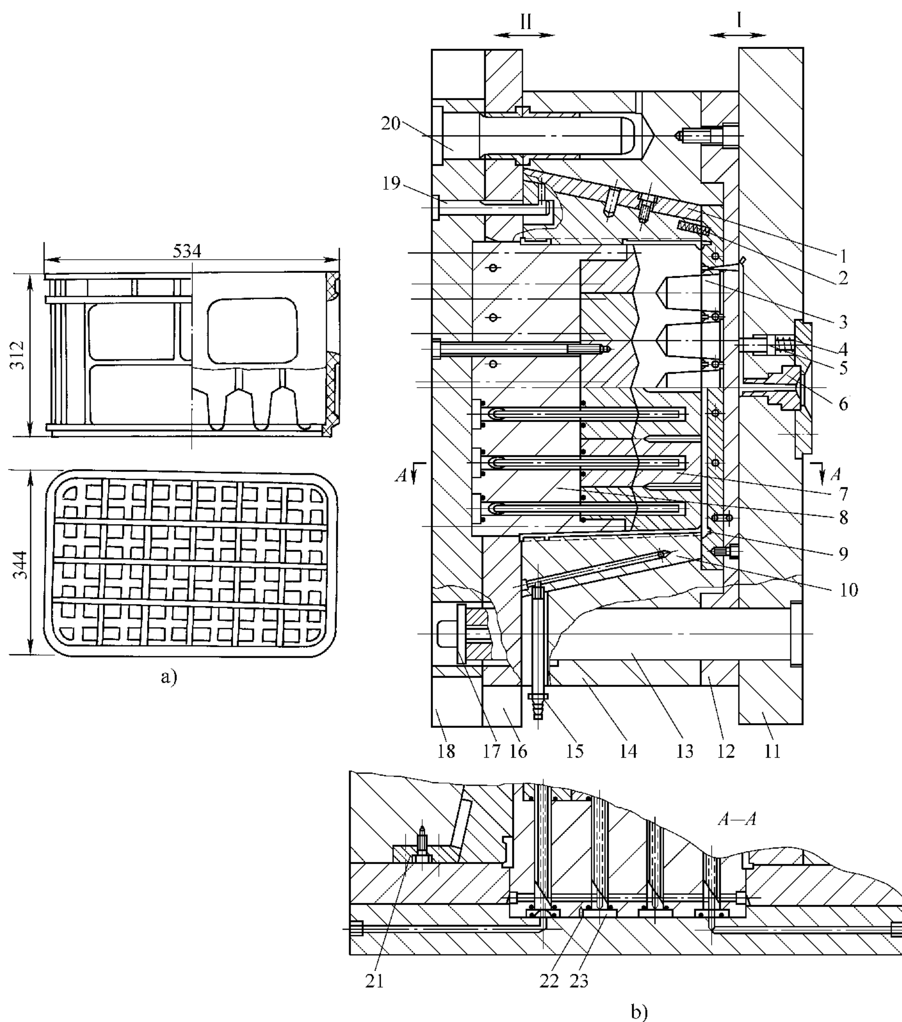


图 12-45 啤酒瓶周转箱注塑模

a）零件 b）模具结构

1—燕尾条 2、4—弹簧 3—锥芯 5—推杆 6—浇口套 7—型芯镶件 8—型芯 9—底型板 10—哈夫块 11—定模座板 12—定模板 13—拉杆 14—模套 15—长（短）水嘴 16—推板 17—挡片 18—动模座板 19—拉钩 20—导柱 21—挡块 22—骑缝钉 23—导水管

实例 46　钢球周转箱注塑模

零件材料：聚氯乙烯

零件图：见图 12-46a

模具结构图：见图 12-46b

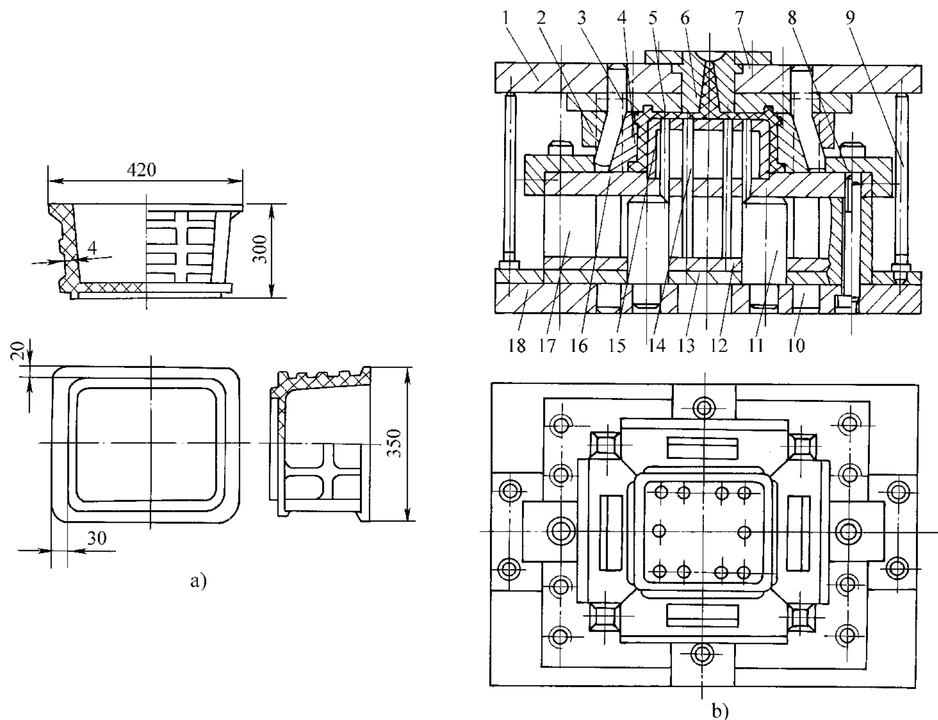


图 12-46　钢球周转箱注塑模

a）零件　b）模具结构

1—定模座板　2、8—锁紧块　3—弯销　4—滑块　5—定模型腔板　6—浇口套　7—定位圈　9—复位杆　10—方形导柱　11—顶柱　12—推杆固定板　13—推板　14—推杆　15—凸模　16—凸模固定板　17—支承块　18—动模座板

说明：

1）该模具为四开式弯销分型抽芯脱模机构。在对称的位置上有四个弯销 3，它们固定在定模座板 1 上；滑块抽芯设在动模上，每个滑块组由滑块 4 和锁紧块 2 两件组成。锁紧块 8 设在凸模固定板 16 上。复位杆 9 设在模外，并固定在推板 13 上。

2）模具的导向机构由四个方形导柱 10 组成。它的相邻两侧有矩形导滑槽，滑块上装有导滑键与导滑槽配合，使滑块在导滑槽内平稳地滑动。冷却管道装置设在凸模 15 内。

3）注塑成型后，动模离开定模，模具上的四个滑块在弯销 3 的带动下进行抽芯，然后注塑机顶出机构推动推板 13，塑料制件从凸模 15 中推出。推杆 14 的复位由复位杆 9 来完成。

实例 47　汽车坐垫注塑模

零件材料：聚丙烯

零件图：见图 12-47a

模具结构图：见图 12-47b

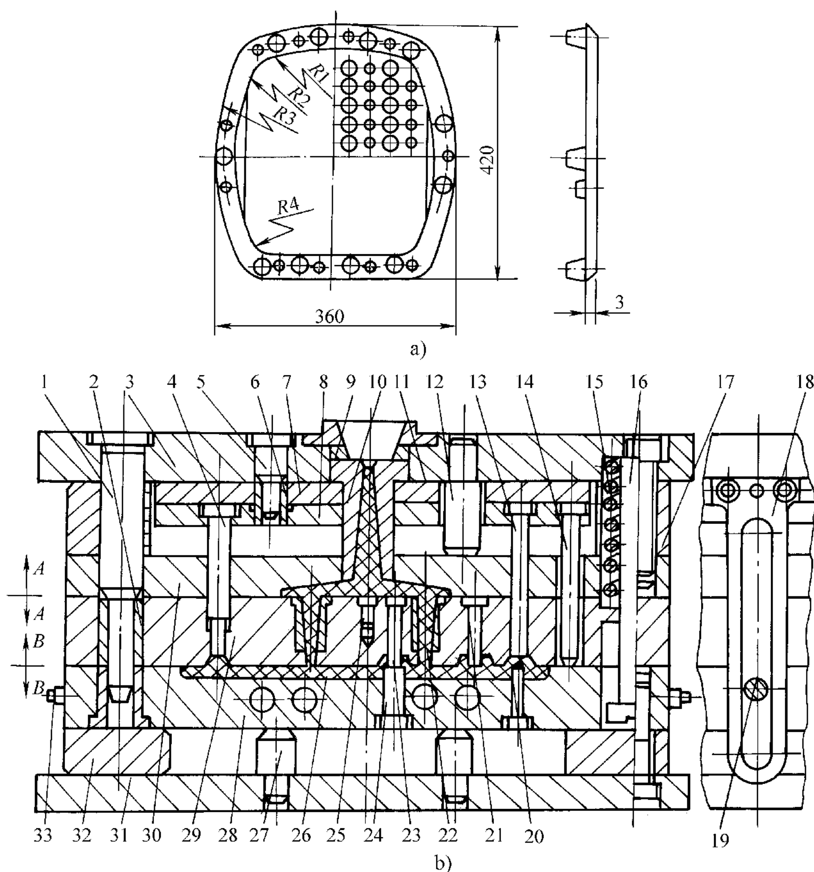


图 12-47　汽车坐垫注塑模

a）零件　b）模具结构

1、5—导柱　2—导套　3—定模座板　4、13—推杆　6—双联导套　7—垫板　8—推杆固定板　9—调整垫圈　10—浇口套　11—定位圈　12、27—顶柱　14—复位杆　15—弹簧　16—卸料螺钉　17—支块　18—拉板　19—螺钉　20、21、23、24—型芯　22—浇口套　25—分流锥　26—制件　28—凹模　29—浇口套板　30—浇口板　31—动模座板　32—支承块　33—水嘴

说明：

1）该模具为双分型面拉板式脱模机构，并采用四个分点浇口进料。因塑料制件投影面积大，在注塑成型时，为了防止凹模变形，在凹模下面增设四个对称顶柱 27。制件要求成型面美观，故制件的背面设在定模上，浇口痕迹也留在背面。

2）注塑成型后，动模首先沿 *A*—*A* 面离开定模一定距离，主流道脱开；动模部分继续移动，由卸料螺钉 16 限位，动模与浇口套板 29 沿 *B*—*B* 面分开；动模仍继续移动，螺钉 19 碰到拉板 18 带动垫板 7，此垫板又带动推杆 4、13 把制件推出；然后合模，由复位杆 14 复位，完成整个动作。

实例 48　摩托车尾灯罩注塑模

零件材料：改性聚苯乙烯

零件图：见图 12-48a

模具结构图：见图 12-48b

说明：

1）该模具为斜导柱分型抽芯脱模机构。根据塑料制件的形状要求，分型面呈梯形，并采用一模两腔形式。侧抽芯的滑块 5 设在型腔板 4 内。

2）注塑成型后，型腔板 4 起初随动模移动，靠斜导柱 8 将滑块 5 拖动实现侧抽芯。

3）型腔对称分布，避免了成型时注塑压力对侧向的不均衡，确保了型腔板 4 不因此而产生移位。

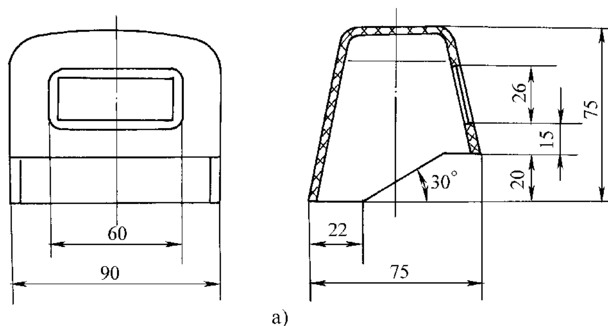


图 12-48　摩托车尾灯罩注塑模

a）零件

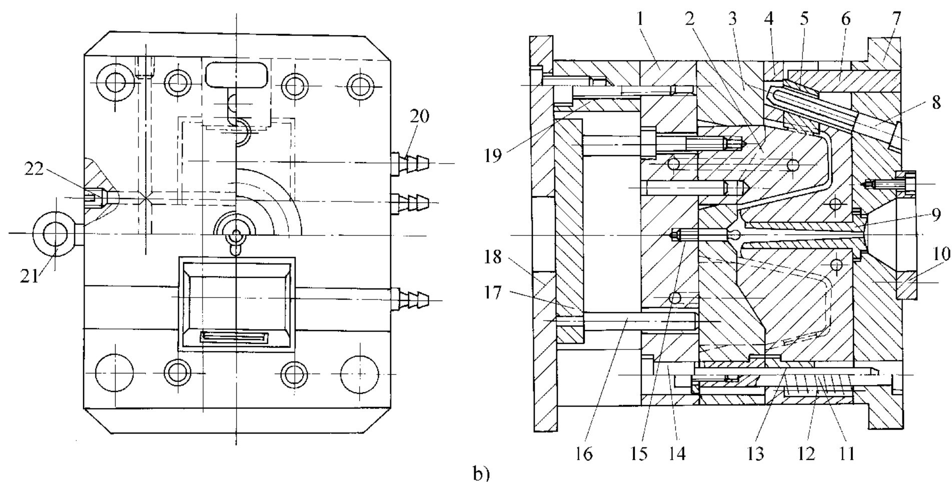


图 12-48 摩托车尾灯罩注塑模（续）

b）模具结构

1—动模垫板 2—型芯 3—推件板 4—型腔板 5—滑块 6—锁紧块 7—定模座板 8—斜导柱 9—浇口套 10—定位圈 11—限位拉杆 12—弹簧 13—导套 14—导柱 15—球头拉料杆 16—推杆 17—推板 18—动模座板 19—支承块 20—水嘴 21—吊环 22—堵头

实例 49 电话机外壳注塑模

零件材料：ABS

零件图：见图 12-49a

模具结构图：见图 12-49b

说明：

1）该模具为斜导柱分型抽芯脱模机构，采用直接浇口进料。模具的凹模和凸模大部分由镶件组成，这样便于制造加工，更换方便。侧抽芯机构由滑块 3、斜导柱 26 及侧抽芯镶件 25 组成。

2）注塑成型后，动模与定模分离，斜导柱 26 使滑块 3 向左移动，侧抽芯镶件 25 从塑料制件内抽出，这时注塑机顶出机构推动推板 20，带动推杆 18 将塑料制件从凸模 5、10 上推出。

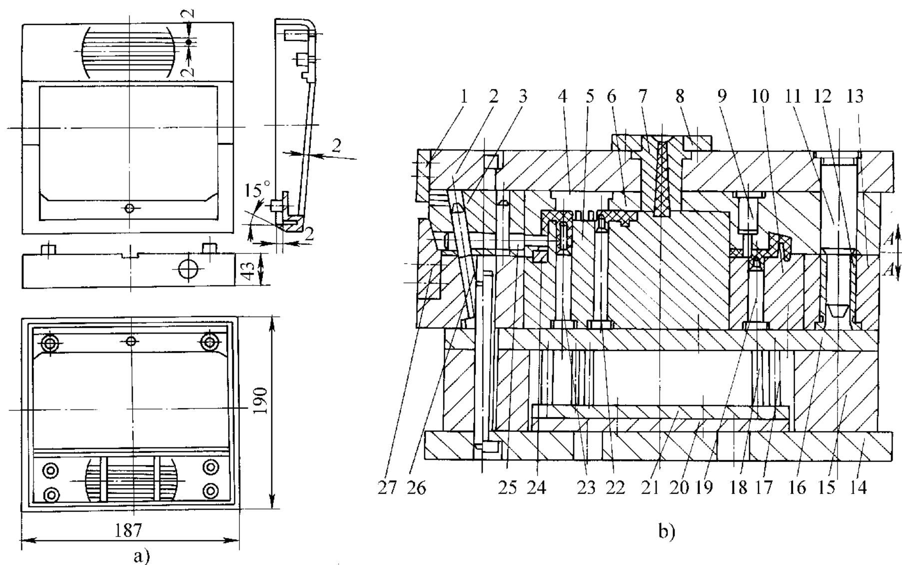


图 12-49 电话机外壳注塑模

a）零件 b）模具结构

1—挡块 2—定模座板 3—滑块 4—长方孔镶件 5、10—凸模 6—凹模 7—浇口套 8—定位圈 9、19、22、23、24—镶件 11—导柱 12—导套 13—凸模固定板 14—动模座板 15—支承块 16—动模垫板 17—复位杆 18—推杆 20—推板 21—推杆固定板 25—侧抽芯镶件 26—斜导柱 27—锁紧块

实例 50 电视机前罩注塑模

零件材料：ABS

零件图：见图 12-50a

模具结构图：见图 12-50b

说明：

1）该模具为斜导柱分型抽芯机构。因塑料制件内凹较深，形状较复杂，同时外表面不允许有浇口痕迹，故采用多点潜伏式浇口进料。斜导柱 11 及锁紧块 12 设于定模，侧滑块 10 设于型芯（动模）9。

2）注塑成型后，斜导柱 11 带动侧滑块 10 进行侧向分型与抽芯，制件与浇口均留在动模 9 一边。推出时，由推杆 8、推块 6 及 13 同时推动制件，使之脱离动模。浇口凝料由推杆 8 推出并切断。当制件退出型芯 9 后，弹簧 3 继续推动推杆 2 及推块 6、13，使制件自动脱落。弹簧 3 的另一作用是保证以推块推出为

主，以防脱模时制件产生变形。弹簧 1 可保证推出系统预先复位。锁紧块 12 用以加强定模型腔板 5。

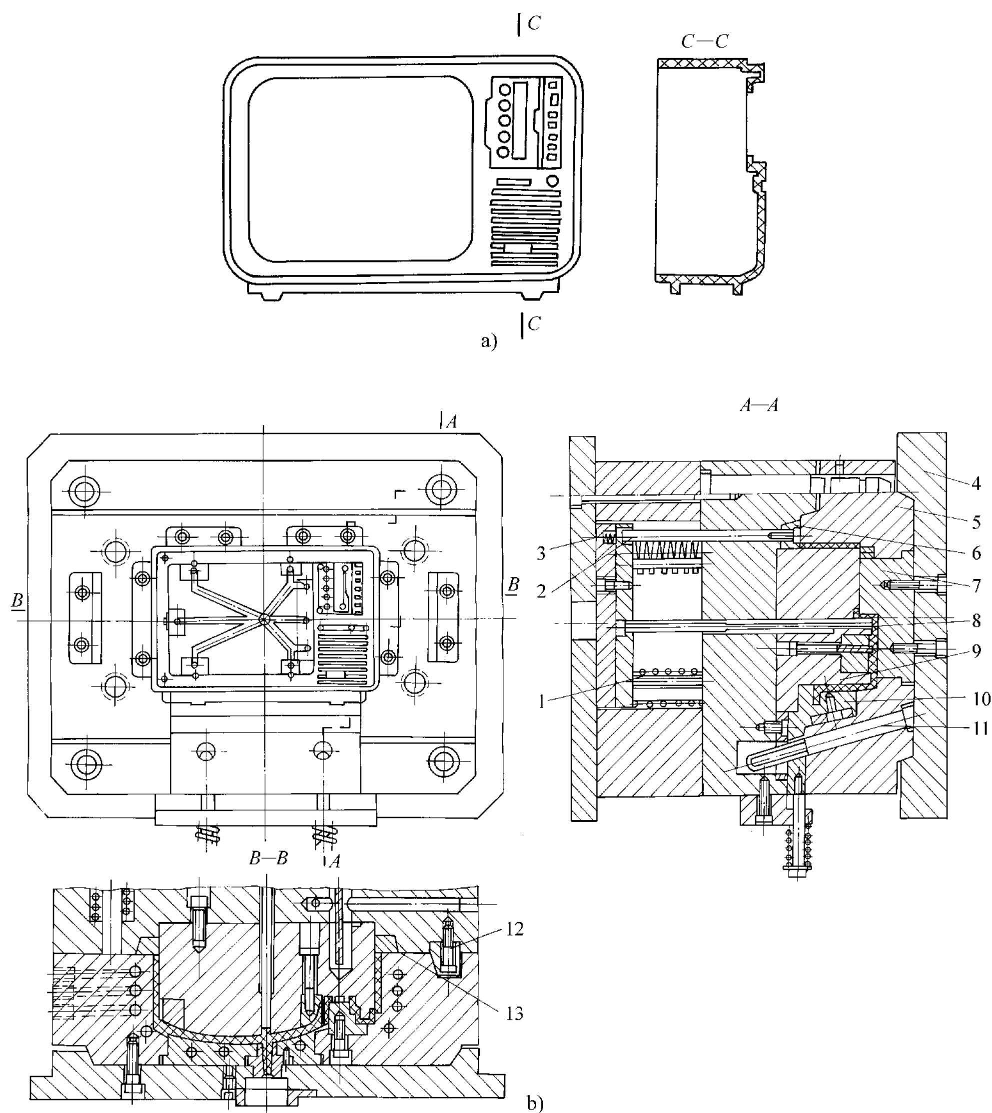


图 12-50　电视机前罩注塑模

a）零件　b）模具结构

1、3—弹簧　2、8—推杆　4—定模座板　5—定模型腔板　6、13—推块　7—凹模镶块

9—型芯（动模）　10—侧滑块　11—斜导柱　12—锁紧块

附　　录

附录A　常用塑料及树脂缩写代号

缩写代号	塑料及树脂的全称
AB	丙烯腈-丁二烯塑料
ABAK（ABA）	丙烯腈-丁二烯-丙烯酸酯塑料
ABS	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料
ACS（ACPES）	丙烯腈-氯化聚乙烯-苯乙烯塑料
AEPDS（AEPDMS）	丙烯腈-（乙烯-丙烯-二烯）-苯乙烯塑料
AMMA	丙烯腈-甲基丙烯酸甲酯塑料
ASA	丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸酯塑料
CA	乙酸纤维素
CAB	乙酸丁酸纤维素
CAP	乙酸丙酸纤维素
CEF	甲醛纤维素
CF	甲酚-甲醛树脂
CMC	羧甲基纤维素
CN	硝酸纤维素
COC	环烯烃共聚物
CP	丙酸纤维素
CTA	三乙酸纤维素
EAA	乙烯-丙烯酸塑料
EBAK（EBA）	乙烯-丙烯酸丁酯塑料
EC	乙基纤维素
EEAK（EEA）	乙烯-丙烯酸乙酯塑料
EMA	乙烯-甲基丙烯酸塑料
EP	环氧；环氧树脂或环氧塑料
E/P（EPM）	乙烯-丙烯塑料
ETFE	乙烯-四氟乙烯塑料
EVAC（EVA）	乙烯-乙酸乙烯酯塑料
EVOH	乙烯-乙烯醇塑料
FEP（PFEP）	全氟（乙烯-丙烯）塑料

（续）

缩写代号	塑料及树脂的全称
FF	呋喃-甲醛树脂
LCP	液晶聚合物
MABS	甲基丙烯酸甲酯-丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料
MBS	甲基丙烯酸甲酯-丁二烯-苯乙烯塑料
MC	甲基纤维素
MF	三聚腈胺-甲醛树脂
MP	三聚腈胺-酚醛树脂
MSAN	α-甲基苯乙烯-丙烯腈塑料
PA	聚酰胺
PAA	聚丙烯酸
PAEK	聚芳醚酮
PAI	聚酰胺（酰）亚胺
PAK	聚丙烯酸酯
PAN	聚丙烯腈
PAR	聚芳酯
PARA	聚芳酰胺
PB	聚丁烯
PBAK	聚丙烯酸丁酯
PBD	1，2-聚丁二烯
PBN	聚萘二甲酸丁二酯
PBT	聚对苯二甲酸丁二酯
PC	聚碳酸酯
PCCE	聚亚环己基-二亚甲基-环己基二羧酸酯
PCL	聚己内酯
PCT	聚对苯二甲酸亚环己基-二亚甲酯
PCTFE	聚三氟氯乙烯
PDAP	聚邻苯二甲酸二烯丙酯
PDCPD	聚二环戊二烯
PE	聚乙烯
PE-C（CPE）	氯化聚乙烯
PE-HD（HDPE）	高密度聚乙烯
PE-LD（LDPE）	低密度聚乙烯
PE-LLD（LLDPE）	线型低密度聚乙烯
PE-MD（MDPE）	中密度聚乙烯

（续）

缩写代号	塑料及树脂的全称
PE-UHMW（UHMWPE）	超高分子量聚乙烯
PE-VLD（VLDPE）	极低密度聚乙烯
PEC	聚酯碳酸酯
PEEK	聚醚醚酮
PEEST	聚醚酯
PEI	聚醚（酰）亚胺
PEK	聚醚酮
PEN	聚萘二甲酸乙二酯
PEOX	聚氧化乙烯
PESTUR	聚酯型聚氨酯
PESU	聚醚砜
PET	聚对苯二甲酸乙二酯
PEUR	聚醚型聚氨酯
PF	酚醛树脂
PFA	全氟烷氧基烷树脂
PI	聚酰亚胺
PIB	聚异丁烯
PIR	聚异氰脲酸酯
PK	聚酮
PMI	聚甲基丙烯酰亚胺
PMMA	聚甲基丙烯酸甲酯
PMMI	聚 N-甲基甲基丙烯酰亚胺
PMP	聚-4-甲基-1-戊烯
PMS	聚-α-甲基苯乙烯
POM	聚氧亚甲基；聚甲醛；聚缩醛
PP	聚丙烯
PP-E（EPP）	可发性聚丙烯
PP-HI（HIPP）	高抗冲聚丙烯
PPE	聚苯醚
PPOX	聚氧化丙烯
PPS	聚苯硫醚
PPSU	聚苯砜
PS	聚苯乙烯
PS-E（EPS）	可发聚苯乙烯

（续）

缩写代号	塑料及树脂的全称
PS-HI（HIPS）	高抗冲聚苯乙烯
PSU	聚砜
PTFE	聚四氟乙烯
PTT	聚对苯二甲酸丙二酯
PUR	聚氨酯
PVAC	聚乙酸乙烯酯
PVAL（PVOH）	聚乙烯醇
PVB	聚乙烯醇缩丁醛
PVC	聚氯乙烯
PVC-C（CPVC）	氯化聚氯乙烯
PVC-U（UPVC）	未增塑聚氯乙烯
PVDC	聚偏二氯乙烯
PVDF	聚偏二氟乙烯
PVF	聚氟乙烯
PVFM	聚乙烯醇缩甲醛
PVK	聚-N-乙烯基咔唑
PVP	聚-N-乙烯基吡咯烷酮
SAN	苯乙烯-丙烯腈塑料
SB	苯乙烯-丁二烯塑料
SI	有机硅塑料
SMAH（S/MA、SMA）	苯乙烯-顺丁烯二酸酐塑料
SMS	苯乙烯-α-甲基苯乙烯塑料
UF	脲-甲醛树脂
UP	不饱和聚酯树脂
VCE	氯乙烯-乙烯塑料
VCEMAK（VCEMA）	氯乙烯-乙烯-丙烯酸甲酯塑料
VCEVAC	氯乙烯-乙烯-丙烯酸乙酯塑料
VCMAK（VCMA）	氯乙烯-丙烯酸甲酯塑料
VCMMA	氯乙烯-甲基丙烯酸甲酯塑料
VCOAK（VCOA）	氯乙烯-丙烯酸辛酯塑料
VCVAC	氯乙烯-乙酸乙烯酯塑料
VCVDC	氯乙烯-偏二氯乙烯塑料
VE	乙烯基酯树脂

注：括号内的字母组合是曾推荐使用的缩写代号。

附录 B　热塑性塑料的性能与应用

材料名称	特征		应用分类	应用情况
	优点	缺点		
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯（ABS）	1）力学性能和热性能均好，硬度高，表面易镀金属 2）耐疲劳和抗应力开裂、冲击强度高 3）耐酸碱等化学性腐蚀 4）价格较低 5）加工成型、修饰容易	1）耐候性差 2）耐热性不够理想	一般结构零件	机器盖、罩，仪表壳，手电钻壳，风扇叶轮，收音机、电话和电视机等壳体，部分电器零件、汽车零件、机械及常规武器的零部件
聚苯乙烯（PS）	1）透明 2）刚硬 3）易于成型 4）成本低	1）易破裂 2）易刮伤 3）在紫外线下易老化	一般结构零件	电器及指示灯罩、盖、手柄，建筑装饰品，日用品
聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）	1）光学性极好 2）耐候性好，能耐紫外线和耐日光老化	1）比无机玻璃易划伤 2）不耐有机溶剂	一般结构零件	仪表透明外罩，大型透明屋顶、墙板、灯罩，汽车、机器及建筑物安全玻璃，航空、航海装饰材料等
聚 4-甲基戊烯-1（TPX）	1）密度很小 2）可在 146°C 下长期使用	1）拉伸强度低 2）耐候性差	一般结构零件	用于仪表罩壳、部分零件及电器零件等
高密度聚乙烯（HDPE）	1）密度小，在 −70°C 下保持软质 2）耐酸碱及有机溶剂 3）介电性能很好 4）成本低，成型加工方便	1）胶结和印刷困难 2）自熄性差	一般结构零件	机器罩、盖、手柄，机床低速导轨、滑道、工具箱，日用品及周转箱
聚丙烯（PP）	1）刚硬有韧性。弯曲强度高，抗疲劳、抗应力开裂 2）质轻 3）在高温下仍保持其力学性能	1）在 0°C 以下易变脆 2）耐候性差	一般结构零件	化工容器、管道、片材，泵叶轮、法兰、接头，绳索、打包带，纺织器材，电器零件，汽车配件
聚丁烯（PB）	1）密度小 2）可在 105°C 下长期使用 3）冲击强度高 4）耐化学腐蚀性好	1）耐候性差 2）自熄性差	一般结构零件	化工管道、化工散热器衬里、接头、容器，仪器仪表壳等

（续）

材料名称	特　征		应用分类	应　用　情　况
	优　　点	缺　　点		
尼龙 6（PA6）	1）具有高强度和良好的冲击强度 2）耐蠕变性好和疲劳强度高 3）耐石油、润滑油和许多化学溶剂与试剂 4）耐磨性优良	1）吸水性好，饱和吸水率在 11% 左右，影响尺寸稳定，并使一些力学性能下降 2）在干燥环境下冲击强度降低	耐磨传动受力零件及减摩自润滑零件	各种轴套、轴承、密封圈、垫片、联轴器、管道等
尼龙 66（PA66）	1）强度高于一切聚酰胺品种 2）比尼龙 6 和尼龙 610 的屈服强度大，刚硬 3）在较宽的温度范围内仍有较高的强度、韧性、刚性和低摩擦因数 4）耐油和许多化学试剂及溶剂 5）耐磨性好	1）吸湿性高 2）在干燥环境下冲击强度降低 3）成型加工工艺不易控制	耐磨传动受力零件及减摩自润滑零件	各种齿轮、凸轮、蜗轮、轴套、轴瓦等耐磨零件
尼龙 610（PA610）	1）力学性能介于尼龙 6 和尼龙 66 之间 2）吸水性较小，尺寸稳定 3）比尼龙 66 稍硬且韧	拉伸强度及伸长率比尼龙 6 低	耐磨传动受力零件及减摩自润滑零件	齿轮、轴套、机器零部件等
尼龙 1010（PA1010）	1）半透明，韧而硬 2）吸水性比尼龙 6 和尼龙 66 小 3）力学性能与尼龙 6 相似 4）耐磨性好 5）耐油类性能突出	1）完全干燥条件下变脆 2）受气候影响强度下降	耐磨传动受力零件及减摩自润滑零件	泵叶轮、齿轮、保持架、凸轮、蜗轮、轴套等 机械零件，汽车、拖拉机零件等
MC 尼龙	1）吸水性小，尺寸稳定 2）机械强度高，拉伸强度可达 90MPa 以上 3）减摩，耐磨性能优于其他尼龙品种 4）适应大型铸件成型	冲击强度差	耐磨传动受力零件及减摩自润滑零件	蜗轮、蜗杆、轴承、齿轮、轴瓦等大型受力部件
聚甲醛（POM）	1）拉伸强度较一般尼龙高，耐疲劳，耐蠕变 2）尺寸稳定性好 3）吸水性比尼龙小 4）介电性好 5）可在 120°C 正常使用 6）摩擦因数小 7）弹性极好，类似弹簧作用	1）没有自熄性 2）成型收缩率大	耐磨传动受力零件及减摩自润滑零件	各种齿轮、轴承、轴套、保持架，汽车、农机、水暖零件等

（续）

材料名称	特征		应用分类	应用情况
	优点	缺点		
PTFE 填充聚甲醛(POM)	1）除保持聚甲醛特性外，还改善了抗蠕变性能 2）提高了耐磨性能 3）具有润滑性	冲击强度差	耐磨传动受力零件及减摩自润滑零件	制造各种要求高的轴承、齿轮、凸轮等
聚碳酸酯（PC）	1）冲击强度高，抗蠕变性能好 2）耐热性好，脆化温度低（－130°C）能抵制日光、雨淋和气温变化的影响 3）化学性能好，透明度高 4）介电性能好 5）尺寸稳定性好	1）耐溶剂性差 2）有应力开裂现象 3）长期浸在沸水中易水解 4）疲劳强度差	一般结构零件	使用温度范围宽的仪器仪表罩壳，飞机、汽车、电子工业中的零件，纺织卷丝管，汽化器，计时器部件，小模数齿轮，电器零件，安全帽，耐冲击的航空玻璃等。也常用于日用品方面
玻璃纤维增强聚碳酸酯（FRPC）	1）部分机械强度成倍提高 2）应力开裂现象减少 3）耐燃性提高 4）质刚硬 5）成型收缩率小 6）有较大的耐疲劳强度	1）失去透明性 2）冲击强度下降	耐磨传动受力零件及减摩自润滑零件	电动机集电环、刷杆，接线板，插接件，齿轮、凸轮、齿条，电器、电子等其他零件
玻璃纤维增强尼龙（FRPA）	1）机械强度成倍提高，冲击强度也相应提高 2）线胀系数小 3）热性能提高 1 倍以上 4）吸水性小，尺寸稳定 5）质硬而韧	表面光泽差	耐磨传动受力零件及减摩自润滑零件	泵叶轮、螺旋桨、机床零件、螺母、轴瓦、电动机风扇、手电钻壳体、齿轮、凸轮，以及要求耐高温的机械零部件
聚四氟乙烯（PTFE）	1）在高温下仍具有特殊的耐化学性能 2）耐太阳光和耐候性极好 3）耐高温到 350°C 能长期使用 4）摩擦因数比任何固体材料低 5）介电性能很好	1）冷流性大 2）强度低 3）成本较高	减摩自润滑零部件	在高温下或腐蚀介质中的各种无油润滑活塞环、填料密封圈、低转速摩擦轴承
填充聚四氟乙烯（用玻璃纤维、二硫化钼、石墨、青铜粉、铝粉、氧化铝等填充）	1）承载能力较高，且刚度大 2）PV 极限值提高		减摩自润滑零部件	应用场合同上，并具有较高的承受载荷能力

（续）

材料名称	特 征		应用分类	应 用 情 况
	优 点	缺 点		
聚全氧代乙丙烯（FEP. F46）	1）在高温下有极好的耐化学性 2）摩擦因数略高于 PTFE 3）耐太阳光和耐候性好 4）在 200°C 能连续使用 5）与热塑性塑料一样加工	1）成本很高 2）强度低	减摩自润滑零部件	要求大批量生产或外形较复杂的零件。可以注射或挤出成型，以代替 PTFE 冷压烧结成型
聚三氟氯乙烯（PCTFEF3）	1）耐各种强酸强碱和强氧化剂 2）耐太阳光和耐候性极好 3）比 PTFE 或 PEP 强韧和刚硬 4）能用一般塑料的加工方法成型 5）压缩强度大，耐冷流性能好 6）具有比铝和陶瓷更优的阻气性 7）透明性稳定	1）成本很高 2）介电性能不如 PEP 或 PTFE 好	耐化学腐蚀塑料	各种耐酸泵壳体、叶轮、阀瓣，化工测量仪表，各种化工设备的防腐涂层，结构材料及高真空中的密封填料，光学窗等
超高分子量聚乙烯（UHMWPE）	1）密度小、耐磨 2）耐冲击性优良 3）摩擦因数很小，自润滑性优良 4）耐候性优良	1）胶黏性差 2）流动性差	减摩自润滑零部件，耐冲击、耐化学药品部件	小载荷、低速度、低温下工作的摩擦零件，如衬套、密封圈、导轨、轴、偏心块、轴瓦轴套、垫片，还可作涂层用
聚苯醚（PPO）	1）综合性能优良，耐水蒸气及尺寸稳定性优异并有优良的电绝缘性能 2）硬度比尼龙、聚碳酸酯、聚甲醛高，蠕变性小 3）对酸碱几乎不起作用	1）成型流动性差 2）价格高	用于潮湿、有负荷以及电绝缘的场合	电子仪表、汽车、机械设备零件
聚苯硫醚（PPS）	1）长期使用温度在 180°C 以上 2）耐化学药品性好，与 PTFE 近似 3）有特殊的刚度 4）加工时一般不需要干燥	1）韧性较差 2）冲击强度较低 3）熔体黏度不够稳定	减摩自润滑零部件	用于电器材料、结构材料、防腐蚀材料。作为电器构件用量约占 60%

（续）

材料名称	特　　征		应用分类	应　用　情　况
	优　　点	缺　　点		
氯化聚醚（CPT）	1）高温下有良好的耐化学性和耐溶剂的侵蚀 2）吸水性很小 3）耐磨性优于尼龙6、尼龙66 4）尺寸稳定性好 5）有自熄性	1）成本高 2）冲击强度低	耐化学腐蚀塑料	化工摩擦传动件、管道、塔衬里、设备涂层
聚　砜（PSF）	1）工程性能好，包括蠕变尺寸稳定性 2）能在160°C条件下长期使用 3）高温下介电性能好 4）耐化学性好和在湿热条件下尺寸稳定性好	耐有机溶剂欠佳	耐热塑料	电子电器零件，如断路元件、恒温容器、绝缘电刷、开关、插头，汽车零件、排气阀、加水器插管，以及高温下的结构零件
聚芳砜（PPSU）	1）能在240～260°C保持结构强度良好的电性能 2）在316°C下短期使用 3）耐蠕变、疲劳、尺寸稳定性好 4）耐化学性能好	成本高	耐热塑料	喷气飞机上的零件、线圈芯子、印制电路板、高温电器材料、高温高负荷轴承、齿轮垫片等
聚酰亚胺（PI）	1）能在260°C下长期工作或间歇使用 2）耐磨性优良 3）能在高温下保持良好的电绝缘性能 4）质硬而韧，耐蠕变性能好	1）加工困难 2）成本高	耐热塑料	高温下工作的轴承、活塞环，电器元件和薄膜，辐射条件下工作的零部件
聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）	1）能在较高温度下长期使用 2）综合性能好 3）机械强度高，在长时间高负荷下变形小 4）阻燃性好，耐化学药品性优良	1）翘曲变形 2）冲击强度较低	电绝缘性塑料	电子电器、汽车和机械零件、连接器开关、电动机罩盖
聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）	1）耐磨性好，吸水性小 2）尺寸稳定性好 3）刚度好，硬度高 4）耐疲劳性能好	1）冲击性能较差 2）成型加工性差 3）脱模性差	耐热塑料	包装材料、电容器、磁带、工程塑料、汽车零件、熔断器开关、电视机和电动机零件、齿轮、叶轮、泵体等

（续）

材料名称	特征		应用分类	应用情况
	优点	缺点		
聚醚醚酮（PEEK）	1）能在240°C以上长期使用 2）有较高的结晶性 3）耐化学腐蚀性能好 4）有优良的耐蠕变和耐疲劳性能 5）可在200°C蒸汽中长期使用	1）加工困难 2）应用范围窄	高绝缘、耐热性、耐化学性塑料	磁导线、接线板、活塞环、传感器及飞机零件等
聚苯酯（Ekonol）	1）与金属性能十分接近 2）热导率和在空气中的热稳定性最高 3）在高温下还呈现与金属相似的非黏性流动	1）加工困难 2）工艺条件不易控制	新型耐热工程塑料	活塞环、耐高温高速摩擦零部件
聚芳酯（PAR）	1）优良的耐热性能 2）耐蠕变性、耐磨性优良 3）抗冲击性优异 4）阻燃、耐焊接性好 5）在潮湿环境中电性能稳定 6）具有优良的耐紫外线辐射性	1）成型困难 2）耐应力、耐药品性较差	电子、电器、汽车、机械设备零件	汽车灯光反射器灯座，各种塑料泵接头，光学零件，叶轮，二极管、继电器外壳，日用梳子、镜框等

附录C　热固性塑料的性能与应用

材料名称	特征		应用分类	应用情况
	优点	缺点		
酚醛树脂（PF）	1）机械强度高，坚硬耐磨 2）尺寸稳定 3）耐热、阻燃、耐腐蚀 4）电绝缘性能优良 5）价格低廉	1）脆性大 2）色深，难以着色 3）成型时需排气	电器、机械零件	插座、接线器、开关、基板、灯头、绝缘配件、仪表壳体、手柄、滚轮、外壳、制动器块、齿轮、凸轮、支架、骨架、厨房用具、水壶把柄、勺柄
脲醛树脂（UF）	1）原料易得，成本低，用途广泛 2）色泽呈玉色，有“电玉”之称 3）硬度较高 4）耐电弧性好 5）能耐弱酸、弱碱	1）吸湿性强 2）耐水性较差	电器、日用品零件	旋钮、开关、插塞、电话机壳、文具、计时器、瓶盖、纽扣、手把、装饰件

（续）

材料名称	特　征		应用分类	应　用　情　况
	优　点	缺　点		
三聚氰胺甲醛树脂（MF）	1）耐冲击性优于UF 2）电绝缘性能优良 3）制件表面光滑，与瓷器相当 4）硬度高，超过PF 5）耐热性、耐水性高于UF	成本较高	电器、日用品、厨房用具零件	防爆电器、电信器材、耐电弧器件、厨房用具、食具、桌、化妆品容器、耐热电器零件、照明器材、日用品
环氧树脂（EP）	1）耐磨损，韧性优异 2）耐热、耐候性好 3）电性能优异 4）粘结性能极佳，粘结强度高		机械零件、粘结材料	槽、管、船体、机体、贮罐、气瓶、简易模具、汽车构件、电容器及电阻等塑封件、各种构件粘结剂、防腐涂料
不饱和聚酯（UP）	1）固化后硬度高，刚度大 2）抗电弧性极优 3）高温下力学及电性能不变 4）可用多种方法成型，亦可在常温下成型 5）填充玻璃纤维后，机械强度十分优异	交联剂的成分会影响其性能	交通运输设备、电器、日用品类零件、涂料	电弧隔栅、大功率开关、电视调频器、电容器塑封、火车座椅与卧铺床、汽车车身、燃料箱、仪表板、渔船、游艇、浮体、管道、浴盆、净化槽、化工罐、钓竿、琴弓、滑雪板、高尔夫球、涂料
邻苯二甲酸二丙烯酯（DAP）	1）电性能优良，高湿度下亦下降很少 2）耐热、耐候、耐药品性优 3）色泽鲜艳，在干湿交替的环境中仍能保持 4）制件尺寸稳定	需加入增强剂（如玻璃纤维）才能提高强度	电器、机械、装饰零件	接线器、配电盘、印制电路板、仪表板、线圈骨架，泵叶轮、化工槽、食品柜、家具、装饰板、箱柜

附录D　常用塑料的近似密度

材　料	密　度 $\rho/(g/cm^3)$	材　料	密　度 $\rho/(g/cm^3)$
硅橡胶(可用二氧化硅填充到1.25)	0.8	天然橡胶	0.92～1.0
聚甲基戊烯	0.83	低压(高密度)聚乙烯	0.94～0.98
聚丙烯	0.85～0.90	尼龙12	1.01～1.04
高压(低密度)聚乙烯	0.89～0.93	尼龙11	1.03～1.05
聚丁烯-1	0.91～0.92	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)	1.04～1.06
聚异丁烯	0.91～0.93	聚苯乙烯	1.04～1.08

（续）

材料	密度 $\rho/(g/cm^3)$	材料	密度 $\rho/(g/cm^3)$
聚苯醚	1.05～1.07	醋酸纤维素	1.25～1.35
苯乙烯-丙烯腈共聚物	1.06～1.10	苯酚甲醛树脂（填充有机材料：纸、织物）	1.30～1.41
尼龙 610	1.07～1.09		
尼龙 6	1.12～1.15	聚氟乙烯	1.3～1.4
尼龙 66	1.13～1.16	赛璐珞	1.34～1.40
环氧树脂，不饱和聚酯树脂	1.1～1.4	聚对苯二甲酸乙二醇酯	1.38～1.41
聚丙烯腈	1.14～1.17	硬质 PVC	1.38～1.41
乙酰丁酸纤维素	1.15～1.25	聚氧化甲烯（聚甲醛）	1.41～1.43
聚甲基丙烯酸甲酯	1.16～1.20	脲-三聚氰胺树脂（加有机填料）	1.47～1.52
聚醋酸乙烯酯	1.17～1.20	氯化聚氯乙烯	1.47～1.55
丙酸纤维素	1.18～1.24	酚醛塑料和氨基塑料（加无机填料）	1.5～2.0
增塑聚氯乙烯（大约合 40% 增塑剂）	1.19～1.35	聚偏二氟乙烯	1.7～1.8
聚碳酸酯（以双酚 A 为基础）	1.20～1.22	聚酯和环氧树脂（加玻璃纤维）	1.8～2.8
交联聚氨酯	1.20～1.26	聚偏二氯乙烯	1.86～1.88
苯酚甲醛树脂（没有填充）	1.26～1.28	聚三氟一氯乙烯	2.1～2.2
聚乙烯醇	1.21～1.31	聚四氟乙烯	2.1～2.3

附录 E　塑料燃烧特性

塑料名称	燃烧难易	离火后是否自熄	火焰状态	塑料变化状态	气味
聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）	容易	继续燃烧	浅蓝色，顶端白色	融化，起泡	强烈花果臭，腐烂蔬菜臭
聚氯乙烯（PVC）	难	离火即灭	黄色，下端绿色，白烟	软化	刺激性酸味
聚偏二氯乙烯（PVDC）	很难	离火即灭	黄色，端部绿色	软化	特殊气味
聚苯乙烯（PS）	容易	继续燃烧	橙黄色，浓黑烟碳束	软化，起泡	特殊，苯乙烯单体味
苯乙烯-丙烯腈共聚物（SAN）	容易	继续燃烧	黄色，浓黑烟	软化，起泡，比聚苯乙烯易焦	特殊，聚丙烯腈味
ABS	容易	继续燃烧	黄色，黑烟	软化，烧焦	特殊
聚乙烯（PE）	容易	继续燃烧	上端黄色，下端蓝色	熔融滴落	石蜡燃烧的气味

（续）

塑料名称	燃烧难易	离火后是否自熄	火焰状态	塑料变化状态	气　味
聚丙烯（PP）	容易	继续燃烧	上端黄色，下端蓝色，少量黑烟	熔融滴落	石油味
聚酰胺（尼龙）（PA）	慢慢燃烧	慢慢熄灭	蓝色，上端黄色	熔融滴落，起泡	特殊，羊毛和指甲烧焦气味
聚甲醛（POM）	容易	继续燃烧	上端黄色，下端蓝色	熔融滴落	强烈刺激的甲醛味，鱼腥臭
聚碳酸酯（PC）	慢慢燃烧	慢慢熄灭	黄色，黑烟碳束	熔融，起泡	特殊气味，花果臭
氯化聚醚（CPS）	难	熄灭	飞溅，上端黄色，底蓝色，浓黑烟	熔融，不增长	特殊
聚苯醚（PPO）	难	熄灭	浓黑烟	熔融	花果臭
聚砜（PSU）	难	熄灭	浓黑烟	熔融	略有橡胶燃烧味
聚三氟氯乙烯（PCTFE）	不燃	—	—	—	—
聚四氟乙烯（PTFE）	不燃	—	—	—	—
乙酸纤维素（CA）	容易	继续燃烧	暗黄色，少量黑烟	熔融滴落	醋酸味
乙酸丁酸纤维素（CAB）	容易	继续燃烧	暗黄色，少量黑烟	熔融滴落	丁酸味
乙酸丙酸纤维素（CAP）	容易	继续燃烧	暗黄色，少量黑烟	熔融滴落，燃烧	丙酸味
硝酸纤维素（CN）	极易	继续燃烧	黄色	迅速完全燃烧	—
乙基纤维素（EC）	容易	继续燃烧	黄色，上端蓝色	熔融滴落	特殊气味
聚乙酸乙烯酯（PVAC）	容易	继续燃烧	暗黄色，黑烟	软化	醋酸味
聚乙烯醇缩丁醛（PVB）	容易	继续燃烧	黑烟	熔融滴落	特殊气味

（续）

塑料名称	燃烧难易	离火后是否自熄	火焰状态	塑料变化状态	气　　味
酚醛树脂（PF）	难	自熄	黄色火花	开裂，色加深	浓甲醛味
酚醛树脂（木粉）	慢慢燃烧	自熄	黄色	膨胀，开裂	木材和苯酚味
酚醛树脂（布基）	慢慢燃烧	继续燃烧	黄色，少量黑烟	膨胀，开裂	布和苯酚味
酚醛树脂（纸基）	慢慢燃烧	继续燃烧	黄色，少量黑烟	膨胀，开裂	纸和苯酚味
脲甲醛树脂（UF）	难	自熄	黄色，顶端淡蓝色	膨胀，开裂，燃烧处变白色	特殊气味，甲醛味
三聚氰胺树脂	难	自熄	淡黄色	膨胀，开裂，变白	特殊气味、甲醛味
聚酯树脂	容易	燃烧	黄色，黑烟	微微膨胀，有时开裂	苯乙烯气味
氯乙烯-乙酸乙烯酯共聚物（VC/VAC）	难	离火即灭	暗黄色	软化	特殊气味

附录 F　常用热塑性塑料的软化与熔融范围

热塑性塑料		软化或熔融范围/°C	热塑性塑料	软化或熔融范围/°C
聚醋酸乙烯		35～85	聚丁烯-1	125～135
聚苯乙烯		70～115	聚偏二氯乙烯	115～140（软化）
聚氯乙烯		75～90（软化）	聚甲基丙烯酸甲酯	126～160
聚乙烯	密度 0.92g/cm^3	≈110	醋酸纤维素	125～175
	密度 0.94g/cm^3	≈120	聚丙烯腈	130～150（软化）
	密度 0.96g/cm^3	≈130	聚氧化甲烯	165～185
聚丙烯		160～170	尼龙 6	215～225
尼龙 12		170～180	聚碳酸酯	220～230
尼龙 11		180～190	聚-4-甲基戊烯-1	240
聚三氟氯乙烯		200～220	尼龙 66	250～260
尼龙 610		210～220	聚对苯二甲酸乙二醇酯	250～260

附录G　注塑材料的共注相容性

材　料	高密度聚乙烯	低密度聚乙烯	聚甲基丙烯酸甲酯	聚甲醛	聚丙烯	聚苯醚	聚苯乙烯	高抗冲聚苯乙烯	聚亚乙基对苯二酸酯	硬聚氯乙烯	软聚氯乙烯	苯乙烯丙烯腈	ABS	丙烯酸酯丙烯腈	硝酸、醋酸纤维素	乙烯-醋酸乙烯共聚物	尼龙6	尼龙6/6	聚碳酸酯
高密度聚乙烯	+	+	−	−	○								−			+	−	−	
低密度聚乙烯	+	+	−	−	+		−				−		−			+	−	−	
聚甲基丙烯酸甲腈	−	−	+		−		−	○		+	+	+	+						
聚甲醛	−	−		+	−														
聚丙烯	○	+	−	−	+	−	−	−		−	−		−	−		+	−	−	
聚苯醚					−	+	+	+				−							
聚苯乙烯	−	−	−		−	+	+	+			−	−	−			+			−
高抗冲聚苯乙烯			○		−	+	+	+			−	−	−	○			−	−	○
聚亚乙基对苯二酸酯									+			+	+						
硬聚氯乙烯			+		−					+	+		+			+			
软聚氯乙烯	−		+		−		−	−		+	+	+	○			○			
苯乙烯丙烯腈			+			−	−	−	+		+	+	+	+					+
ABS	−	−	+		−		−	−	+	+	○	+	+	+	+				+
丙烯酸酯丙烯腈					−			○				+	+	+		+			
硝酸、醋酸纤维素													+		+	−			
乙烯-醋酸乙烯共聚物	+	+					+			+	○			+	−	+			
尼龙6	−	−			−			−									+	+	
尼龙6/6	−	−			−			−									+	+	−
聚碳酸酯							−	○				+	+					−	+

注：1.共注指的是两个或两个以上机筒以不同塑料或同种塑料，不同颜色共同注塑成型制作。

2.标记：+黏附性好；-黏附性差；○无黏附性。空白属尚未试过混合型能。

3.添加填充物和增强剂使材料之间黏附性受到影响。

附录 H 常用塑料材料的成型推荐值及其应考虑的问题

<table>
<tr><th colspan="3">材料名称及推荐值</th><th>工艺特性</th><th>设计时应考虑的问题</th></tr>
<tr><td colspan="3">聚丙烯（结晶性）</td><td rowspan="9">1）成型性很好，但容易发生变形，对缺口敏感
2）容易发生分子取向，沿料流造成纵横方向机械强度差异明显
3）铜能加速其氧化降解
4）熔融状态的流变性接近非牛顿型</td><td rowspan="9">1）设计浇口时避免熔料向一个方向直行，干扰分子过分取向以及引起的变形
2）利用分子取向作铰链时，多浇点应设置在铰链的同一边
3）避免嵌件和型腔镶件用铜材
4）较小的浇口可以适当提高熔料的流动性，重视排气
5）制件设计时，避免负锐角</td></tr>
<tr><td rowspan="4">制件厚度/mm</td><td>最小制件</td><td>0.85</td></tr>
<tr><td>小制件</td><td>1.45</td></tr>
<tr><td>中制件</td><td>1.75</td></tr>
<tr><td>大制件</td><td>2.40～3.20</td></tr>
<tr><td rowspan="2">脱模斜度</td><td>型芯</td><td>25′～50′</td></tr>
<tr><td>型腔</td><td>30′～1°</td></tr>
<tr><td colspan="2">流程比 L/t</td><td>350</td></tr>
<tr><td colspan="2">排气槽深度/mm</td><td>0.01～0.02</td></tr>
<tr><td colspan="3">聚甲醛（结晶性）</td><td rowspan="9">1）成型性差，容易分解
2）浇口部位容易出现流动纹
3）制件易生产缩孔、变形
4）熔料属非牛顿型，对温度不敏感而对压力的变化敏感</td><td rowspan="9">1）流道要偏大，方便补料，浇口设计在不产生流动纹的部位
2）模具的冷却水道要合理均匀，成型周期短，要方便模温控制
3）模腔内避免死角
4）必要时，可考虑模外定型装置</td></tr>
<tr><td rowspan="4">制件厚度/mm</td><td>最小制件</td><td>0.80</td></tr>
<tr><td>小制件</td><td>1.40</td></tr>
<tr><td>中制件</td><td>1.60</td></tr>
<tr><td>大制件</td><td>3.20～5.40</td></tr>
<tr><td rowspan="2">脱模斜度</td><td>型芯</td><td>30′～1°</td></tr>
<tr><td>型腔</td><td>35′～1°30′</td></tr>
<tr><td colspan="2">流程比 L/t</td><td>250</td></tr>
<tr><td colspan="2">排气槽深度/mm</td><td>0.01～0.03</td></tr>
<tr><td colspan="3">尼龙（结晶性）</td><td rowspan="9">1）熔点高，工艺温度范围窄，但熔融黏度低，流动性好，易产生飞边
2）成型冷却硬化快，可快速生产，易产生内应力，收缩率较大
3）注射时易造成流延
4）熔融状态下的流变性接近牛顿型，其熔融体黏度主要与温度有关
5）吸水率大</td><td rowspan="9">1）提高模具加工精度，开设冷料点，以免产生飞边
2）采用自封式喷嘴防流延
3）想得到透明、柔韧、高伸长率的薄壁制件时采用低模温；若要得到硬度好、拉伸强度高的结晶型制件时采取较高模温，但应避免出现凹陷，气孔和较大内应力
4）成型后在 10°～20°的油或石蜡中退火 10～16min，减小内应力，成型前干燥</td></tr>
<tr><td rowspan="4">制件厚度/mm</td><td>最小制件</td><td>0.45</td></tr>
<tr><td>小制件</td><td>0.76</td></tr>
<tr><td>中制件</td><td>1.5</td></tr>
<tr><td>大制件</td><td>2.40～3.20</td></tr>
<tr><td rowspan="2">脱模斜度</td><td>型芯</td><td>20′～40′</td></tr>
<tr><td>型腔</td><td>25′～40′</td></tr>
<tr><td colspan="2">流程比 L/t</td><td>300</td></tr>
<tr><td colspan="2">排气槽深度/mm</td><td>0.01</td></tr>
<tr><td colspan="3">聚乙烯（结晶性）</td><td rowspan="9">1）流动性好，分子取向纵横各异，制件收缩大，易变形
2）比热容大，慢热慢冷，成型周期长
3）制件弹性好，小尺寸的凹凸可强行脱出
4）熔料流动性和模内定型的稳定性较差
5）熔料流度性接近非牛顿型，对注射压力的变化较敏感</td><td rowspan="9">1）模具冷却性能要好，要均匀
2）流道偏大，浇口偏小
3）合理设计制件和浇口位置，防止变形</td></tr>
<tr><td rowspan="4">制件厚度/mm</td><td>最小制件</td><td>0.60</td></tr>
<tr><td>小制件</td><td>1.25</td></tr>
<tr><td>中制件</td><td>1.60</td></tr>
<tr><td>大制件</td><td>2.40～3.20</td></tr>
<tr><td rowspan="2">脱模斜度</td><td>型芯</td><td>20′～45′</td></tr>
<tr><td>型腔</td><td>25′～45′</td></tr>
<tr><td colspan="2">流程比 L/t</td><td>300</td></tr>
<tr><td colspan="2">排气槽深度/mm</td><td>0.01～0.03</td></tr>
</table>

（续）

材料名称及推荐值			工艺特性	设计时应考虑的问题
硬聚氯乙烯（非结晶性）			1）热稳定性差，工艺温度与分解温度相差较小 2）熔料流动性差 3）对金属具有腐蚀性	1）合理使用稳定剂、润滑剂等各种添加剂，改善树脂的工艺性能和制件的使用性能，成型前进行预热 2）流道和浇品的设计应考虑尽量减小阻力 3）采用不锈钢制作型腔部分，或采取镀铬进行型腔表面耐腐蚀处理
制件厚度/mm	最小制件	1.20		
	小制件	1.60		
	中制件	1.80		
	大制件	3.20～5.80		
脱模斜度	型芯	50′～1°30′		
	型腔	50′～2°		
流程比 *L/t*		100		
排气槽深度/mm		0.04		
聚苯乙烯（非结晶性）			1）比热容小、流动性好，成型周期短 2）在注射时，剪切应力低于60MPa时，熔料基本为牛顿型，高于这一界线时，非牛顿型行为较明显。这一特性使成型时分子定向发生变化，产生内应力，制件易出现裂纹 3）不易产生飞边 4）制件脆性较大，耐热性低	1）流道和浇口尺寸不宜过小，以免剪切作用过大 2）均匀布置推顶杆，避免受力不均顶裂或产生变形应力 3）在允许情况下尽量选取大的脱模斜度，不允许侧向凹凸强行脱出 4）将制件置于65～80℃的热水或烘箱中1～3h减小内应力，或高模温，零压力冷却
制件厚度/mm	最小制件	0.75		
	小制件	1.25		
	中制件	1.60		
	大制件	3.20～5.40		
脱模斜度	型芯	30′～1°		
	型腔	35′～1°30′		
流程比 *L/t*		250		
排气槽深度/mm		0.02		
聚碳酸酯（非结晶性）			1）熔融黏度高，无准确熔点，熔融温度为220～240℃，范围较小，加工困难 2）容易因残余应力造成裂纹 3）制件硬度高，易伤模具 4）熔融状态的流变性接近牛顿型，对温度的依赖性大 5）不易产生飞边 6）制件的吸湿性小，但粒料对水极为敏感	1）采取较大的流道和浇口 2）制件设计时保证一定的厚度，避免金属嵌件，取用大的脱模斜度 3）横具材料的硬度、刚性、加工精度要求较高 4）加工前树脂必须进行干燥
制件厚度/mm	最小制件	0.95		
	小制件	1.80		
	中制件	2.30		
	大制件	3.00～4.50		
脱模斜度	型芯	30′～50′		
	型腔	35′～1°		
流程比 *L/t*		110		
排气槽深度/mm		0.01～0.03		
有机玻璃（非结晶性）			1）流动性差，容易造成充模不足，出现流动纹，其熔体流变性接近非牛顿型，熔体黏度主要受压力（剪切速度）支配，由于注塑压力不足易产生凹陷缩孔 2）冷却速度快，制件易产生内应力 3）粒料吸湿性大	1）一般采用柱塞式注塑机高压注射成型 2）采取阻力小的流道和浇口形式 3）尽量取用大的脱模斜度 4）在60～70℃烘箱中2～4h对制件进行热处理 5）低于热变形温度10～20℃，2～8h再成型
制件厚度/mm	最小制件	0.80		
	小制件	1.50		
	中制件	2.20		
	大制件	4.00～6.50		
脱模斜度	型芯	30′～1°		
	型腔	35′～1°30′		
流程比 *L/t*		100		
排气槽深度/mm		0.04		

（续）

材料名称及推荐值			工艺特性	设计时应考虑的问题
ABS（非结晶性）			1）属无定形聚合物，熔融温度低，熔程较宽，易于成型 2）熔融黏度适中，流动性好，易于充模，属非牛顿型。以压力为主控制成型 3）浇口部位的表面质量和熔接痕明显 4）具有一定的吸湿性	1）采用较宽敞的流道和浇口，也可采用针点浇口，要注意浇口位置 2）取用较大的脱模斜度 3）加工前材料必须干燥
制件厚度/mm	最小制件	0.80		
	小制件	1.30		
	中制件	1.60		
	大制件	3.20~5.40		
脱模斜度	型芯	35′~1°		
	型腔	40′~1°20′		
流程比 L/t		160		
排气槽深度/mm		0.03		

注：1. 表中脱模斜度以开模后制件滞留在型芯上考虑，如果要求制件留在型腔内，则型腔的脱模斜度小于型芯的脱模斜度。

2. L/t 为从主流道至制件最末端各段长度与厚度的比值之和，这一数值与熔料温度、模具温度和注射压力有关。

附录 I　注塑模零件技术条件（GB/T 4170—2006）

GB/T 4170—2006《塑料注射模零件技术条件》规定的对注塑模零件的要求如下：

1）图样中线性尺寸的一般公差应符合 GB/T 1804—2000 中 m 的规定。

2）图样中未注形状公差和位置公差应符合 GB/T 1184—1996 中 H 的规定。

3）零件均应去毛刺。

4）图样中螺纹的基本尺寸应符合 GB/T 196—2003 的规定，其极限偏差应符合 GB/T 197—2003 中 6 级的规定。

5）图样中砂轮越程槽的尺寸应符合 GB/T 6403.5 的规定。

6）模具零件所选用材料应符合相应牌号的技术标准。

7）零件经热处理后硬度应均匀，不允许有裂纹、脱碳、氧化斑点等缺陷。

8）质量超过 25kg 的板类零件应设置吊装用螺孔。

9）图样上未注公差角度的极限偏差应符合 GB/T 1804—2000 中 c 的规定。

10）图样中未注尺寸的中心孔应符合 GB/T 145—2001 的规定。

11）模板的侧向基准面上应作明显的基准标记。

附录 J　注塑模技术条件（GB/T 12554—2006）

GB/T 12554—2006《塑料注射模技术条件》标准规定了注塑模的要求、验收、标志、包装、运输和储存，适用于注塑模的设计、制造和验收。

1. 零件要求

GB/T 12554—2006《塑料注射模技术条件》规定的对注塑模零件的要求见表 J-1。

表 J-1　塑料注射模的零件要求

序号	内　　容
1	设计注塑模宜选用 GB/T 12555—2006、GB/T 4169. 1 ~4169. 23—2006 规定的注塑模标准模架和注塑模零件
2	模具成型零件和浇注系统零件所选用材料应符合相应牌号的技术标准
3	模具成型零件和浇注系统零件推荐材料和热处理硬度见表 J-2，允许质量和性能高于表 J-2 推荐的材料
4	成型对模具易腐蚀的塑料时,成型零件应采用耐腐蚀材料制作,或其成型面应采取防腐蚀措施
5	成型对模具易磨损的塑料时，成型零件硬度应不低于 50HRC，否则成型表面应进行表面硬化处理，硬度应高于 600HV
6	模具零件的几何形状、尺寸、表面粗糙度应符合图样要求
7	模具零件不允许有裂纹，成型表面不允许有划痕、压伤、锈蚀等缺陷
8	成型部位未注公差尺寸的极限偏差应符合 GB/T 1804—2000 中 f 的规定
9	成型部位转接圆弧未注公差尺寸的极限偏差应符合表 J-3 的规定
10	成型部位未注角度和锥度公差尺寸的极限偏差应符合表 J-4 的规定。锥度公差按锥体母线长度决定值，角度公差按角度短边长度决定
11	当成型部位未注脱模斜度时，除下面 1）～5）的要求外，单边脱模斜度应不大于表 J-5 的规定值，当图中未注脱模斜度方向时，按减小塑件壁厚并符合脱模要求的方向制造 1）文字、符号的单边脱模斜度应为 10°～15° 2）成型部位有装饰纹时，单边脱模斜度允许大于表 J-5 的规定值 3）塑件上凸起或加强肋单边脱模斜度应大于 2° 4）塑件上有数个并列圆孔或格状栅孔时，其单边脱模斜度应大于表 J-5 的规定值 5）对于表 J-5 中所列的塑料若填充玻璃纤维等增强材质后，其脱模斜度应增加 1°
12	非成型部位未注公差尺寸的极限偏差应符合 GB/T 1804—2000 中的 m 的规定
13	成型零件表面应避免有焊接熔痕
14	螺钉安装孔、推杆孔、复位杆孔等未注孔距公差的极限偏差应符合 GB/T 1804—2000 中的 f 的规定
15	模具零件图中螺纹的基本尺寸应符合 GB/T 196—2003 的规定，选用的公差与配合应符合 GB/T 197—2003的规定
16	模具零件图中未注形位公差应符合 GB/T 1184—1996 中的 H 的规定
17	非成型零件外形棱边均应倒角或倒圆。与型芯、推杆相配合的孔在成型面和分型面的交接边缘不允许倒角或倒圆

表 J-2 模具成型零件和浇注系统零件推荐材料和热处理硬度

零件名称	材　　料	硬度 HRC	零件名称	材　　料	硬度 HRC
型芯、定模镶块、动模镶块、活动镶块、分流锥、推杆、浇口套	45Cr、40Cr	40～45	型芯、定模镶块、动模镶块、活动镶块、分流锥、推杆、浇口套	3Cr2Mo	预硬态 35～45
	CrWMn、9Mn2V	48～52		4Cr5MoSiV1	45～55
	Cr12、Cr12MoV	52～58		30Cr13	45～55

表 J-3 成型部位转接圆弧未注公差尺寸的极限偏差　（单位：mm）

转接圆弧半径		≤6	>6～18	>18～30	>30～120	>120
极限偏差值	凸圆弧	$^{0}_{-0.15}$	$^{0}_{-0.20}$	$^{0}_{-0.30}$	$^{0}_{-0.45}$	$^{0}_{-0.60}$
	凹圆弧	$^{+0.15}_{0}$	$^{+0.20}_{0}$	$^{+0.30}_{0}$	$^{+0.45}_{0}$	$^{+0.60}_{0}$

表 J-4 成型部位未注角度和锥度公差尺寸的极限偏差

锥体母线或角度短边长度/mm	≤6	>6～18	>18～30	>30～120	>120
极限偏差值	±1°	±30′	±20′	±10′	±5′

表 J-5 成型部位未注脱模斜度时的单边脱模斜度

脱模高度/mm		≤6	>6～10	>10～18	>18～30	>30～50	>50～80	>80～120	>120～180	>180～250
塑料类别	自润性好的塑料（聚甲醛、聚酰胺等）	1°45′	1°30′	1°15′	1°	45′	30′	20′	15′	10′
	软质塑料（例：聚乙烯、聚丙烯等）	2°	1°45′	1°30′	1°15′	1°	45′	30′	20′	15′
	硬质塑料（例：聚乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物、聚碳酸酯、酚醛塑料等）	2°30′	2°15′	2°	1°45′	1°30′	1°15′	1°	45′	30′

2. 装配要求

GB/T 12554—2006《塑料注射模技术条件》规定的对注塑模的装配要求见表 J-6。

表 J-6 塑料注射模的装配要求

序号	内　　容
1	定模座板与动模座板安装平面的平行度应符合 GB/T 12556—2006 中的规定
2	导柱、导套对模板的垂直度应符合 GB/T 12556—2006 的规定
3	在合模位置，复位杆端面应与其接触面贴合，允许有不大于 0.05mm 的间隙

（续）

序号	内　容
4	模具所有活动部分应保证位置准确，动作可靠，不得有歪斜和卡滞现象，要求固定的零件，不得相对窜动
5	塑件的嵌件或机外脱模的成型零件在模具上安装位置应定位准确、安放可靠，应有防错位措施
6	流道转接处圆弧连接应平滑，镶接处应密合，未注脱模斜度不小于5°，表面粗糙度值 $Ra\leq$ 0.8μm
7	热流道模具，其浇注系统不允许有塑料渗漏现象
8	滑块运动应平稳，合模后滑块与楔紧块应压紧，接触面积不小于设计值的75%，开模后限位应准确可靠
9	合模后分型面应紧密贴合。除排气槽外，成型部分固定镶件的拼合间隙应小于塑料的溢料间隙，详见表J-7的规定
10	通介质的冷却或加热系统应通畅，不应有介质渗漏现象
11	气动或液压系统应畅通，不应有介质渗漏现象
12	电气系统应绝缘可靠，不允许有漏电或短路现象
13	模具应设吊环螺钉，确保安全吊装。起吊时模具应平稳，便于装模。吊环螺钉应符合GB/T 825—1988的规定
14	分型面上应尽可能避免有螺钉或销钉的通孔，以免积存溢料

表J-7　塑料的溢料间隙　（单位：mm）

塑料流动性	好	一般	较差
溢料间隙	<0.03	<0.05	<0.08

参 考 文 献

[1] 模具实用技术编委会.塑料模具设计制造与应用实例[M].北京:机械工业出版社,2002.

[2] 中国模具设计大典编委会.中国模具设计大典:第2卷[M].南昌:江西科学技术出版社,2003.

[3] 邹继强.塑料模具设计参考资料汇编[M].北京:清华大学出版社,2005.

[4] 洪慎章.实用注塑成型及模具设计[M].北京:机械工业出版社,2006.

[5] 齐卫东.注塑模具图集[M].北京:北京理工大学出版社,2007.

[6] 杨卫民,丁玉梅,谢鹏程,等.注射成型新技术[M].北京:化学工业出版社,2008.

[7] 洪慎章.典型塑料模具设计图集[M].北京:机械工业出版社,2009.

[8] 洪慎章.实用注塑模具结构图集[M].北京:化学工业出版社,2009.

[9] 洪慎章.注塑加工速查手册[M].北京:机械工业出版社,2009.

[10] 洪慎章.实用注塑模设计与制造[M].北京:机械工业出版社,2010.

[11] 杨占尧.最新模具标准应用手册[M].北京:机械工业出版社,2011.

[12] 洪慎章.近代塑料的应用现状及注射模的发展方向[J].广东塑料,2003(3):28-30.

[13] 洪慎章.调味壶身注塑模设计[J].五金科技,2003(3):31-33.

[14] 洪慎章.塑料工业需求旺盛,前景很好[J].广东塑料,2004(1/2):44-47.

[15] 吴崇峰.计算机技术在注塑成型模具中的应用[J].模具产业,2005(1):16-19.

[16] 洪慎章.二十一世纪塑料产业的飞速发展[J].上海模具工业,2005(4):6-7.

[17] 洪慎章.塑料模具钢的选用[J].模具工程,2005(6):13-15.

[18] 洪慎章.注塑模产业中找差距、抓重点发展方向[J].模具商情,2005(3):46-47.

[19] 洪慎章.精密注塑成型与模具设计的因素[J].模具技术,2005(4):40-43.

[20] 洪慎章.21世纪模具动态[J].现代模具,2008(8):41-42.

[21] 洪慎章.21世纪模具技术的现状及发展方向[J].模具工程,2008(8):50-55.

[22] 洪慎章.模内装饰技术在国内外的应用[J].2009模内装饰(IMD)国际研讨会论文集,上海,2009,11.

[23] 洪慎章.有机结合的新工艺——模内装饰[J].上海模具工业,2009(11):16-18.

[24] 洪慎章.装饰技术在塑料模内的应用[J].模具制造,2009(12):48-50.

[25] 洪慎章.模内装饰技术在轿车中的应用[J].中国机械与金属,2010(12):44-45.

本书主要内容如下：

◎注塑件设计

◎注塑成型工艺

◎注塑机设备与模具的关系

◎注塑模设计

◎特种注塑模

◎注塑模用的模具材料

◎注塑模的装配及试模

◎注塑件缺陷分析及对策

◎注塑模标准模架

◎注塑模CAD及其智能系统

◎注塑模应用实例

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术／机械工程／模具

ISBN 978-7-111-47010-6

策划编辑◎陈保华



定价：59.00元